



**EPS**

Escola Politècnica

Superior

## **Projecte/Treball Fi de Carrera**

**Estudi:** Enginyeria Tècn. Ind. Mecànica. Pla 2002

**Títol:** Estudi medi ambiental del centre de mecanitzat Kondia HS1000 quan s'utilitza com a màquina d'ISF

**Document:** Memòria

**Alumne:** Jordi Lupiañez Justribó

**Director/Tutor:** Isabel Bagudanch Frigolé

**Departament:** Eng. Mecànica i de la Construcció Industrial

**Àrea:** Enginyeria de Processos de Fabricació

**Convocatòria** (mes/any): Setembre 2012

## Índex

MEMÒRIA .....	4
1 Introducció.....	5
1.1 Antecedents .....	5
1.2 Objecte.....	8
1.3 Abast:.....	8
2 Descripció de les funcions dels components del centre de mecanitzat.....	9
2.1 Hardware amb tecnologia CNC.....	9
2.2 Capçal i portaeines.....	10
2.3 Taula de la màquina.....	10
2.4 Eina de conformat .....	11
2.5 Utilatge per subjectar la xapa .....	12
3 Procés de conformat .....	14
3.1 Conceptes previs .....	14
3.1.1 Velocitat de rotació de l'eina .....	14
3.1.2 Velocitat d'avanç.....	14
3.1.3 Moviment vertical o pas incremental.....	14
3.1.4 Sentit del moviment horitzontal.....	14
3.1.5 Lubricants .....	15
3.2 Procés .....	15
4 Comparació del cost per peça entre el procés de ISF i embotició .....	16
4.1 Conceptes previs .....	16
4.2 Paràmetres.....	17
4.2.1 Cost de la xapa.....	17
4.2.2 Cost utilatge .....	18
4.2.3 Cost de personal.....	19
4.2.4 Cost equipament.....	20
4.3 Comparació.....	20
4.4 Anàlisi de resultats .....	22
5 Consum elèctric de la màquina .....	24
5.1 Conceptes previs .....	24
5.2 Influència dels paràmetres en el consum elèctric.....	25

5.2.1	Descripció dels paràmetres i valors utilitzats .....	26
5.2.2	Assaig preliminar .....	27
5.2.3	Anàlisi de resultats.....	30
5.3	Disseny d'experiments (DOE) .....	32
5.3.1	Procediments de l'assaig.....	32
5.3.2	Assaig amb xapa d'alumini 1050 H24.....	34
5.3.3	Assaig amb xapa d'acer galvanitzat Z20 .....	35
5.3.4	Assaig amb xapa inoxidable 304 .....	36
5.3.5	Anàlisi de resultats.....	36
6	Proveïdors de energia.....	44
6.1	Introducció.....	44
6.2	Sistema de garantia d'origen.....	44
6.2.1	Descripció general .....	44
6.2.2	Funcionament del sistema de garantia d'origen .....	45
6.3	Mix d'energies de producció.....	45
6.4	Mix d'energies de producció per cada comercialitzadora.....	46
6.5	Etiquetatge de l'energia.....	50
6.6	Conclusions.....	51
7	Estudi de les emissions de CO <sub>2</sub> per peça fabricada. ....	53
7.1	Conceptes previs .....	53
7.1.1	Cicle de vida del producte .....	53
7.1.2	CES .....	53
7.2	Emissions de CO <sub>2</sub> a l'hora de fabricar la matèria primera .....	54
7.3	Emissions de CO <sub>2</sub> a causa del consum elèctric de fabricació.....	56
7.4	Emissions de CO <sub>2</sub> per peça fabricada. ....	57
7.5	Anàlisi de resultats .....	58
8	Conclusions.....	63
9	Relació de documents.....	65
10	Bibliografia.....	66
11	Glossari .....	67
	Agraïments.....	68



# ***MEMÒRIA***

# 1 Introducció

## 1.1 Antecedents

Aproximadament deu anys enrere, es va començar a desenvolupar un nou procés industrial de deformació de xapa anomenat conformació incremental de xapa, *Incremental Sheet Forming* (ISF) en anglès.

En aquest procés, una làmina de xapa és subjectada per un suport i conformada per una eina que normalment és un punxó amb punta semiesfèrica que es mou segons les directrius d'un software de control numèric. Aquest moviment de l'eina es fa en el pla, i un cop ja s'ha realitzat un contorn, l'eina baixa per realitzar-ne un altre i així successivament fins a la realització de la peça desitjada.

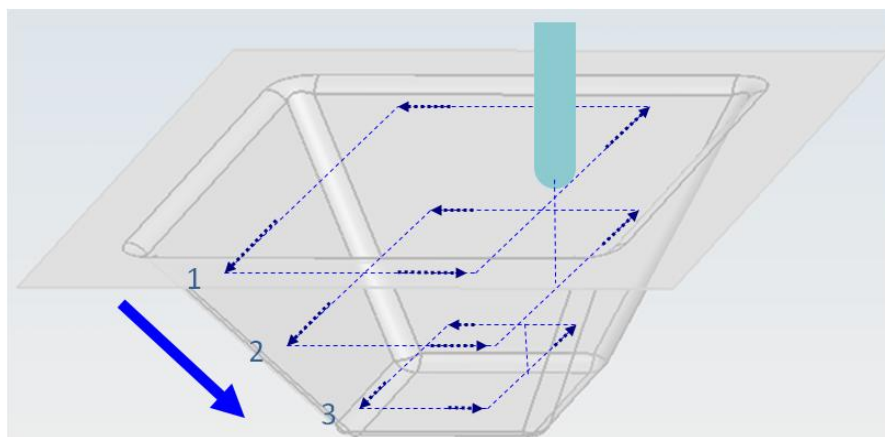
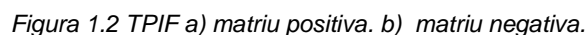


Figura 1.1 Principi de funcionament del procés de ISF

La principal variant d'aquesta nova tecnologia és el *Single Point Incremental Forming* (SPIF) que és la descrita anteriorment, però existeixen altres variants, com per exemple el *Two Point Incremental Forming* (TPIF) on s'utilitza una matriu, i per tant hi ha dos punts on s'aplica força sobre la xapa. El primer és el punt de contacte entre l'eina i la xapa i el segon és el de la matriu amb la xapa. Aquesta variant permet millors precisions dimensionals que amb el mètode SPIF (Fiorentino et al., 2011)



El principal avantatge d'aquesta tecnologia és que permet deformar materials que a temperatura ambient no es podrien conformar, com per exemple aliatges de magnesi o titani ( Bagudanch et al. 2011 ).

Existeixen moltes possibilitats a l'hora de produir l'escalfament de la xapa. La més utilitzada és la tecnologia Rotational Incremental Sheet Forming, que consisteix en l'escalfament de la xapa a causa del fregament gràcies a una elevada velocitat de rotació de l'eina.



Per últim, existeix el mètode que combina ISF amb estirat, en anglès *Stretch Forming* (SF). Consisteix en estirar i tensionar la xapa sobre un motlle per després aplicar la tecnologia d'ISF.

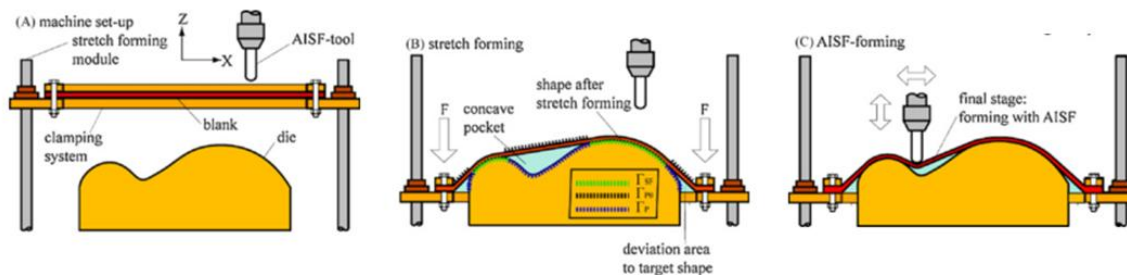


Figura 1.4 Principi de funcionament de la tecnologia ISF amb stretch forming.

Amb aquest mètode combinat s'aconsegueix solucionar els principals inconvenients de la tecnologia ISF com són la reducció de l'espessor de la xapa, precisió geomètrica i temps de procés (Bambach et al., 2009).

La principal avantatge del procés d'ISF és que es pot considerar una gran alternativa al procés d'embotició per a la fabricació de petits lots de producte. La diferència més destacable és que en el procés de conformació incremental de xapa no es necessiten grans matrius ni punxons, que són molt costosos ja que han de garantir unes precisions molt elevades. És per aquesta raó, que el cost inicial de producció és molt inferior i per tant, en casos de petites produccions és molt adient.

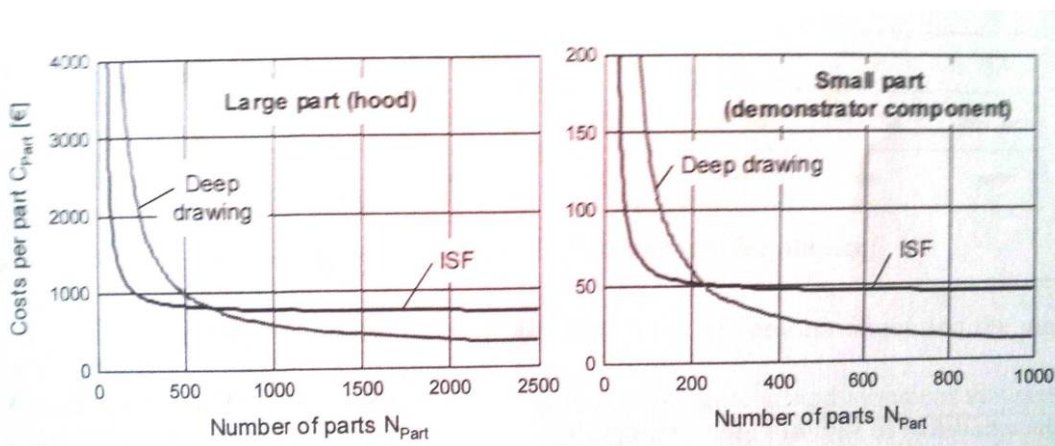


Figura 1.5 Comparació del preu per peça entre el procés d'embotició i el d' ISF per peces de llarga tirada i per peces de curta tirada.

A l'actualitat, aquest sistema encara es troba en fase d'investigació, no hi ha estudis definitius que aportin resultats fiables sobre la viabilitat del procés en aplicacions industrials, però cada vegada hi ha més equips de treball universitaris que es dediquen a estudiar-lo i més empreses que l'estan



introduint en els seus departaments de I+D per tal d'adaptar els seus processos de fabricació a aquesta nova tecnologia.

Un dels equips de treball que estan investigant aquest procés es el Grup de Recerca d'Enginyeria de Producte, Procés i Producció (GREP) situat al parc científic i tecnològic de l'Universitat de Girona. Disposen d'un centre de mecanitzat CNC de la marca Kondia model HS1000 que actualment es troba en període d'adaptació per tal de desenvolupar una màquina híbrida en la qual es duran a terme processos de conformació de xapa i sinterització per làser.

## **1.2 Objecte**

L'objectiu d'aquest projecte és l'estudi de forma experimental i teòrica sobre el consum energètic del centre de mecanitzat, quan s'utilitza amb la tècnica de Incremental Sheet Forming (ISF).

Es pretén estudiar el consum energètic de la tecnologia tenint en compte paràmetres de procés com ara el material, geometries i programació de la trajectòria de l'eina per tal de mesurar l'energia elèctrica consumida. També es tindran en compte paràmetres relacionats amb l'origen de l'energia i aspectes relacionats amb els costos de producció.

## **1.3 Abast:**

Per tal de assolir l'objectiu del projecte, es realitzaran les següents tasques:

- Descripció de les funcions dels components del centre de mecanitzat.
- Descripció del procés de conformat.
- Comparació del cost per peça entre el procés de ISF i embotició.
- Realització de mesures per determinar el consum elèctric de la màquina.
- Estudi per determinar d'on prové l'energia de la màquina.
- Obtenció de les emissions de CO<sub>2</sub> per peça fabricada amb la màquina.
- Valoració econòmica de l'estudi.

## 2 Descripció de les funcions dels components del centre de mecanitzat

En aquest apartat es descriuran els diferents elements que componen el centre de mecanitzat CNC de la marca Kondia model HS1000 quan s'utilitza per dur a terme el procés de SPIF (Single Point Incremental Forming).

Els 5 components principals del centre de mecanitzat són:

- Hardware amb tecnologia CNC ( Control Numèric Computeritzat ).
- Capçal porta eines tipus Weldon.
- Taula de la màquina.
- Utillatge de subjecció de la xapa.
- Eina .

### 2.1 Hardware amb tecnologia CNC

Hardware basat en tecnologia CNC que permet governar el capçal porta eines i la taula de la màquina per tal de fer-los moure segons les trajectòries i paràmetres introduïts prèviament en funció de la peça que es vulgui realitzar.



*Figura 2.1 Imatge de l'ordinador*

## 2.2 Capçal i portaeines

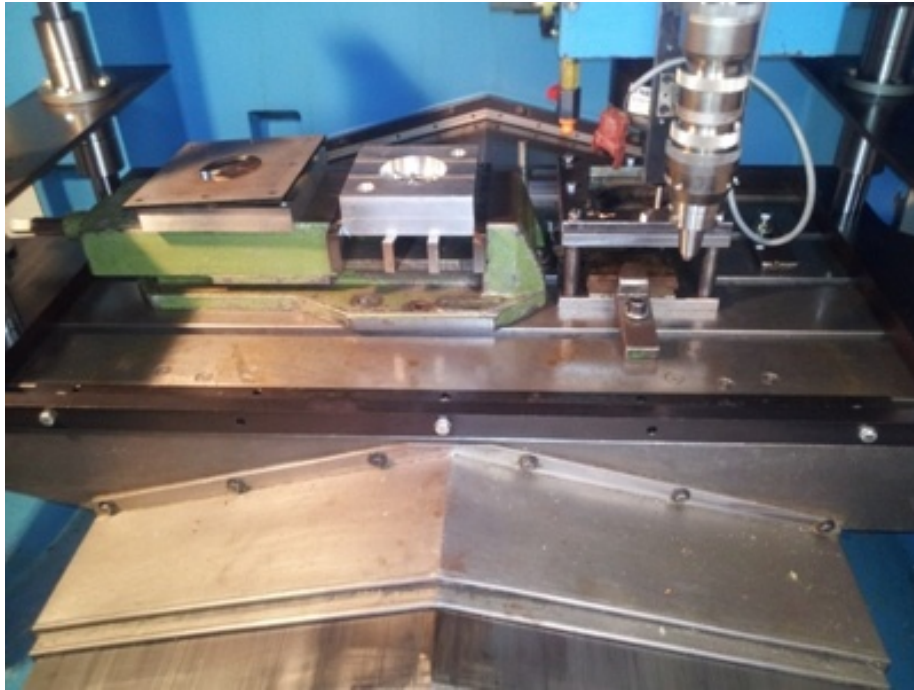
S'acobla un portaeines tipus Weldon al capçal que s'encarrega de subjectar l'eina i donar-li una velocitat de rotació i d'avanç vertical determinades en funció del material que es vol deformar i altres paràmetres.



*Figura 2.2 Imatge del capçal*

## 2.3 Taula de la màquina

La taula serveix de suport per l'utilitatge que subjecta la xapa a deformar i permet el moviment en l'eix x i y per tal de situar la xapa en el lloc més idoni a l'hora de dur a terme el conformat de la xapa i per moure-la durant el procés de deformació.



*Figura 2.3 Imatge de la taula de la màquina amb l'utilatge de ISF i altres aplicacions.*

## **2.4 Eina de conformat**

Eina amb punta semiesfèrica de diàmetre 10mm i longitud 85mm amb rebaix, fabricada amb acer tipus F-1 i amb tractament de cementació per poder conformar aliatges d'alumini i acer inoxidable.



*Figura 2.4. Eina de conformat*

## 2.5 Utilatge per subjectar la xapa

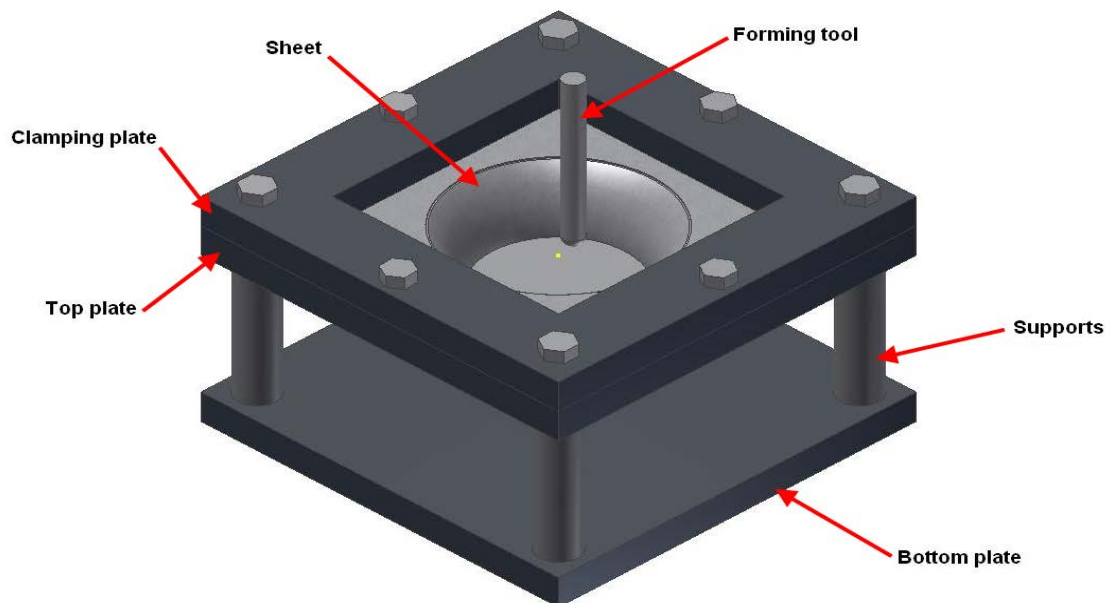


Figura 2.5 Imatge de l'utilatge de conformat.

Aquest utilatge es compon d'una plataforma inferior (*bottom plate*) amb 4 forats roscats de M8 que serveix per subjectar el conjunt a la base del centre de mecanitzat, 4 suports (*supports*) de 70mm de longitud amb forats roscats de M8, una plataforma superior (*top plate*) amb 4 forats roscats de M8 als extrems per unir-la als suports i 4 forats roscats de M8 a la part central per unir-la a una plataforma de fixació (*clamping plate*) que també consta de 4 forats roscats de M8 als extrems i 4 forats roscats de M8 a la part central.

El sistema de fixació de la xapa es realitza de la següent manera:

- Collar la taula dinamomètrica a la taula de la màquina.
- Collar la plataforma inferior a la taula dinamomètrica.
- Collar els 4 suports a la plataforma inferior.
- Col·locar la plataforma superior sobre els 4 suports.
- Situar la xapa a deformar centrada sobre la plataforma superior.
- Col·locar la plataforma de fixació sobre la plataforma superior i la xapa.
- Unir la plataforma de fixació, la plataforma superior i els suports cargolant 4 cargols de M8 en els 4 forats dels extrems.

- Assegurar la unió de la xapa entre mig de la plataforma superior i la de fixació cargolant 4 cargols de M8 en els 4 forats centrals.

### **3 Procés de conformat**

#### **3.1 Conceptes previs**

Per tal d'explicar el procés de conformat de xapa amb la màquina Kondia HS 1000 cal descriure prèviament els concepte bàsics i paràmetres a definir per a la programació de les trajectòries. A continuació es detallen els més rellevants.

##### **3.1.1 Velocitat de rotació de l'eina**

En funció de la velocitat de rotació de l'eina es poden aconseguir diferents acabats superficials de la xapa. Amb aquesta màquina normalment es treballa al voltant de les 1000rpm tot i que es pot treballar desde rotació lliure fins aproximadament 4000rpm.

##### **3.1.2 Velocitat d'avanç**

La velocitat d'avanç és la velocitat de translació de l'eina sobre la xapa. Aquesta velocitat pot estar compresa entre 400 i 3000mm/min. És evident que com més ràpida sigui la velocitat d'avanç, menys temps de producció i per tant, el procés de conformat és més econòmic, però s'ha de tenir en compte que com més elevada sigui, més probabilitats hi ha de no detectar un possible trencament de la xapa i fer malbé l'eina.

##### **3.1.3 Moviment vertical o pas incremental**

És el paràmetre que determina la profunditat de baixada de l'eina en les diferents capes.

Com més elevat sigui, pitjor acabat superficial de la peça conformada.

##### **3.1.4 Sentit del moviment horitzontal**

El moviment de translació horitzontal sobre la xapa es pot fer en un únic sentit, així l'eina sempre es mou en el sentit de les agulles del rellotge o en dos

sentits, d'aquesta forma, un cop el moviment de translació ja ha fet una volta completa, canvia de sentit fins a realitzar una altra volta i així successivament per tal d'eliminar la torsió que es produiria a la peça si l'eina sempre girés en el mateix sentit.

### **3.1.5 Lubricants**

Serveixen per evitar l'escalfament de l'eina i la peça de xapa i ajuda a reduir la fricció entre aquestes.

Per treballar amb xapes d'alumini s'utilitza grassa amb base bituminosa i per treballar amb xapes d'acer s'utilitza el lubricant líquid tipus Houghton TD-52, específic per a processos de deformació en fred.

## **3.2 Procés**

Un cop definits els conceptes previs es definiran els passos principals a l'hora de dur a terme el conformat d'una peça.

- 1- Subjectar l'utilatge a la taula de la màquina
- 2- Col·locar la xapa a l'utilatge.
- 3- Introduir l'eina al porta eines.
- 4- Posar el lubricant a la xapa.
- 5- Introduir el programa de conformat al hardware on queda definida la forma de la peça que es voldrà realitzar, el tipus de sentit de moviment horitzontal i el pas incremental de l'eina.
- 6- Amb els comandaments de control del hardware, introduir la velocitat de rotació de l'eina.
- 7- Posar en marxa la màquina.
- 8- Controlar que durant el procés la peça de xapa no es trenca ja que en cas de trencament, serà necessari aturar el procés per tal d'evitar danys a l'eina.
- 9- En cas de que no s'hagi produït cap imprevist, treure la xapa de l'utilatge i comprovar que el procés s'ha dut a terme de forma satisfactòria.



## **4 Comparació del cost per peça entre el procés de ISF i embotició**

### **4.1 Conceptes previs**

Una de les principals característiques del procés de ISF és que es necessita molt poc temps per realitzar el disseny de l'utillatge i accessoris per fabricar la peça desitjada, aquest temps pot variar en funció de la complexitat de la peça, però es pot estimar que és d'aproximadament una setmana, incloent també la fabricació de l'utillatge. Desafortunadament, el temps de fabricació d'una peça és molt elevat comparat amb el procés d'embotició(Hirt et al., 2009)

Per tant, es pot arribar a la conclusió que l'ISF és un procés de fabricació vàlid per a peces amb poc volum de producció o per la realització de prototips, ja que si es fes amb el procés d'embotició, només per la fabricació i disseny dels motlles deixaria de ser rendible.

Es compararan els costos de realització d'una peça en ISF i en embotició. Pel que fa a la tecnologia d'ISF es fabricarà amb la màquina del taller i per la tecnologia d'embotició s'extrauran de la bibliografia consultada.

Per poder fer una estimació del procés de conformat més idoni en funció de la quantitat de peces a fabricar, es compararan els costos de realització d'una peça en ISF i en embotició. Pel que fa a la tecnologia d'ISF es fabricarà amb la màquina del taller i per la tecnologia d'embotició s'extrauran les dades de la bibliografia consultada.

La peça que es fabricarà serà una piràmide de tapa plana de 10cm x 10cm de base, 6cm x 6cm de tapa i 2cm d'alçada. Per fabricar-la s'utilitzarà una xapa d'acer galvanitzat Z20 quadrada de 15cm x 15cm de base i 0,8mm de gruix.

Únicament s'ha realitzat l'experiment amb xapa d'acer galvanitzat perquè tal com queda palès a la Taula 4.1, s'ha comprovat que el cost de la xapa és poc influenciable sobre el cost total de fabricació.



*Figura 4.1 Imatge de la xapa que es deforma a l'apartat 4.*

## 4.2 Paràmetres

Per poder fer una comparació del cost per peça dels dos processos, es considera la següent formula (Hirt et al., 2009):

$$C_{\text{total}} = C_{\text{xapa}} + C_{\text{utillatge}} + C_{\text{pers}} + C_{\text{equip}}$$

(Eq 4.1)

On  $C_{\text{total}}$  és el cost total de fabricació en €,  $C_{\text{xapa}}$  és el cost de la xapa a deformar en €,  $C_{\text{utillatge}}$  és el cost de l'utillatge en €,  $C_{\text{pers}}$  és el cost dels operaris necessaris per dur a terme el procés en € i finalment,  $C_{\text{equip}}$  és el cost de l'equipament necessari en €.

### 4.2.1 Cost de la xapa

El cost de la xapa es pot trobar consultant a qualsevol fabricant o distribuïdor. S'han de tenir en compte quatre punts clau:

- El material amb el que s'han de fabricar les peces. Cal tenir en compte que a l'actualitat el preu de la xapa galvanitzada és el més econòmic, està al voltant dels 0,7 €/kg, el preu de la xapa d'alumini es troba al voltant dels 2,5€/kg i el preu de la xapa inoxidable es troba al voltant dels 7€/kg.
- La quantitat de xapa necessària per realitzar les peces. En funció de la quantitat el preu fluctua força.
- El gruix de la xapa. Com més gruixuda és la xapa, més barata és, ja que no s'ha de laminar tant.
- Les fluctuacions de mercat. Durant els últims anys els preus de xapa de qualsevol tipus són molt volàtils, ja que són sensibles a notícies i successos polítics, a la capacitat de producció de les grans productores i a crisis econòmiques entre altres.

El preu que es farà servir per la xapa galvanitzada Z20 de 0,8mm de gruix ha estat facilitat per l'empresa distribuïdora de ferros Hierros Almada, s.l. en data 24 d'agost del 2012 i és de 0,73€/kg.

Cal calcular el preu per m<sup>2</sup> de la xapa galvanitzada. Per això és necessari saber la seva densitat, que per l'acer galvanitzat Z20 és de 8420kg/m<sup>3</sup>. Amb l'equació(Eq. 4.2

$$D = P / V$$

(Eq. 4.2)

On D és la densitat en kg/m<sup>3</sup>, P és el pes en kg i V és el volúm en m<sup>3</sup>, i el preu per kg es troba el preu de la xapa a conformar.

#### 4.2.2 Cost utiltatge

El cost de l'utiltatge es pot estimar en funció del volum, el cost de fabricació, el coeficient de complexitat i el nombre de passos. Per tant, es pot trobar aplicant l'equació (Eq. 4.3) ( Hirt, et al., 2009 ).:

$$C_{\text{utillatge}} = V_{\text{utillatge}} \times C_{\text{fabricació}} \times C_{\text{cpxt}} \times N_{\text{peces}} \times N_{\text{pasos}}$$

(Eq. 4.3)

On  $C_{\text{utillatge}}$  és el cost de l' en €,  $V_{\text{utillatge}}$  és el volum de l' per fabricar la peça en  $\text{dm}^3$ ,  $C_{\text{fabricació}}$  és el cost de fabricació de l' en €,  $C_{\text{cpxt}}$  és el coeficient de complexitat i  $N_{\text{peces}}$  és el nombre de peses que es volen fabricar.

Per simplificar els càlculs, es considerarà que el volum de l' pel que fa al procés d'embotició és de 2,5 vegades el volum de la peça que es vol realitzar. Pel que fa al procés d'ISF, el volum de l'utillatge es considerarà igual al volum de la peça a fabricar. El cost de fabricació es considerarà de  $150\text{€/dm}^3$  tant en el cas de l'embotició com en el cas de l'ISF ja que per fabricar-lo és necessària maquinària d'alta precisió en els dos casos. Pel que fa al coeficient de complexitat, es considerarà de 1 pel procés d'embotició i de 0,7 pel procés d'ISF ja que en aquest cas no cal un procés tan extens i fins i tot, el motlle es pot fabricar amb materials polímers directament d'un model CAD (Hirt et al., 2009).

#### 4.2.3 Cost de personal

El cost del personal per fabricar una peça es calcularà en funció de les hores necessàries d'un tècnic per fabricar-la i la quantitat d'aquests. Per tant, la formula necessària per fer el càlcul és la següent (Hirt et al., 2009):

$$C_{\text{pers}} = R_{\text{pers}} \times T_{\text{pers}} \times N_{\text{pers}}$$

(Eq. 4.4)

On  $C_{\text{pers}}$  és el cost del personal en €,  $R_{\text{pers}}$  és el cost per hora de treball d'un treballador, es considerarà de  $15\text{€/h}$ ,  $T_{\text{pers}}$  és el temps necessari per fabricar una peça en hores, es considerarà de 3 segons pel procés d'embotició i d'una hora pel procés d' ISF i  $N_{\text{pers}}$  és el nombre de treballadors que cal per fabricar-la, que serà d'un treballador pel procés d'embotició i 0,3 treballadors pel procés d' ISF, ja que no cal que el treballador es trobi vigilant el procés (Hirt et al., 2009).

## 4.2.4 Cost equipament

El cost de l'equipament ( $C_{\text{equip}}$ ) en € es calcularà en funció del cost per hora de funcionament de l'equipament ( $R_{\text{funcionament}}$ ) en €/h multiplicat pel temps de fabricació per peça ( $T_{\text{peça}}$ ) en h segons l'equació (Eq.4.5)(Hirt et al., 2009 ):

$$C_{\text{equip}} = R_{\text{funcionament}} \times T_{\text{peça}}$$

(Eq.4.5)

## 4.3 Comparació

Amb els paràmetres descrits, es procedeix al càlcul del cost de fabricació. Tots els paràmetres queden definits a la taula Taula 4.1

Taula 4.1 Comparació del cost per peça entre el procés de embotició i ISF.

Paràmetres	Unitats	Embotició	ISF
Xapa			
Base	dm	1,5 x 1,5	
Alçada	dm	0,2	
Gruix	mm	0,8	
Superfície	dm <sup>2</sup>	2,25	
Material		Acer galvanitzat Z20 gruix 0,8mm	
Densitat	Kg/m <sup>3</sup>	8420	
Cost total xapa			
Preu	€/kg	0,73	
Cost	€	<b>0,12</b>	
Cost utilatge			
Volum utilatge	dm <sup>3</sup>	2,25	0,9
Cost fabricació	€/dm <sup>3</sup>	150	
Coefficient complexitat		1	0,7
Cost total utilatge	€	<b>337,5</b>	<b>94,50</b>
Cost personal			
Salari treballador	€/h	15	
Temps fabricació*		3s	1h
Treballadors		1	0,3
Cost total personal	€	<b>0,01</b>	<b>4,5</b>
Cost equipament			
Cost hora funcionament	€/h	50	20
Temps fabricació		3s	1h
Cost total equipament	€	0,08	20
Cost per peça	€	<b>337,71</b>	<b>119,02</b>

\* Pel procés d'ISF inclou el temps de programació i preparació de la màquina, pel procés d'embotició no cal.

Amb el cost per peça calculat en els dos casos, es procedeix a fer la taula Taula 4.2 amb diferents quantitats de peces fabricades per poder contrastar quin procés de fabricació és preferible en funció de la quantitat de peces a fabricar. Per fer-ho es tindran en compte els paràmetres de la taula Taula 4.1 Comparació del cost per peça entre el procés de embotició i ISF. i que l'únic paràmetre que varia en funció de les peces a realitzar és el del Cost de l'utilitatge, ja que aquest cost es divideix pel nombre de peces a realitzar.

*Taula 4.2 Estimació del procés més idoni en funció de la quantitat de peces.*

<b>Nombre de peces</b>	<b>Cost per peça embotició (€)</b>	<b>Cost per peça ISF (€)</b>
<b>1</b>	337,71	119,02
<b>2</b>	168,96	71,77
<b>3</b>	112,71	56,02
<b>4</b>	84,58	48,14
<b>5</b>	67,71	43,42
<b>6</b>	56,46	40,27
<b>7</b>	48,42	38,02
<b>8</b>	42,40	36,33
<b>9</b>	37,71	35,02
<b>10</b>	33,96	33,97
<b>11</b>	30,89	33,11
<b>12</b>	28,33	32,39
<b>13</b>	26,17	31,79
<b>14</b>	24,31	31,27

A continuació es representa gràficament la taula 4.2 per poder veure el resultat mes intuïtivament.

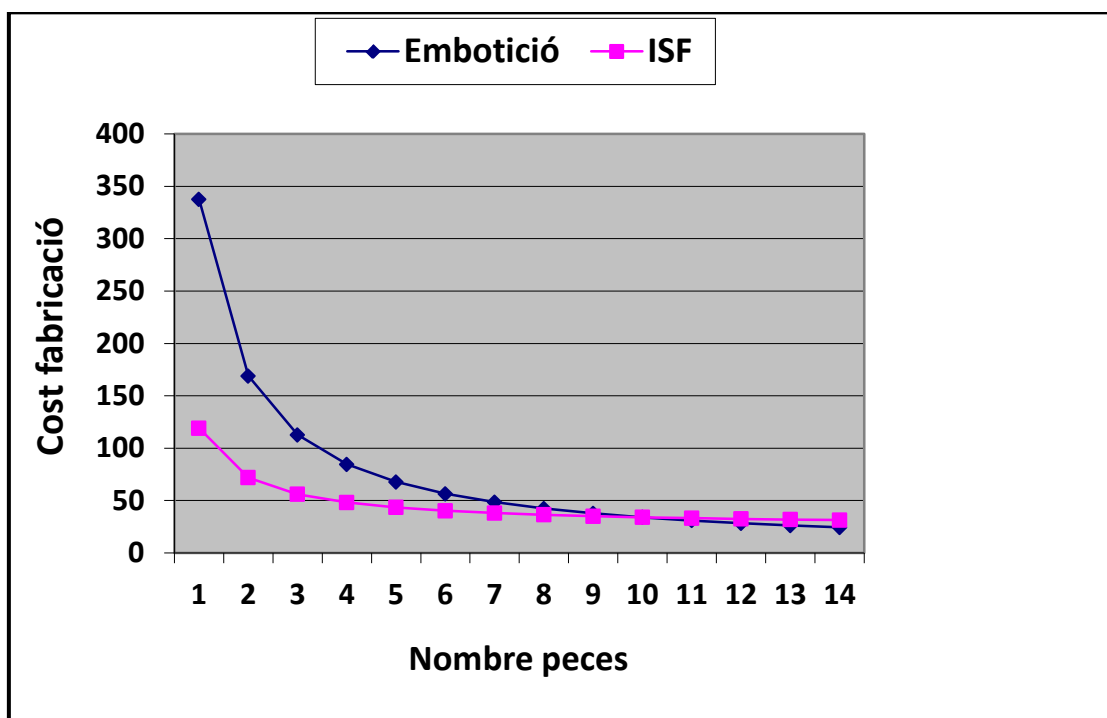


Figura 4.2. Representació gràfica de la taula 4.2

#### 4.4 Anàlisi de resultats

Segons la taula 4.1 es confirma que el procés d' ISF només és vàlid per una quantitat reduïda de peces, en aquest cas 10 o menys.

Segons els resultats obtinguts a l'apartat 4.3, podem deduir que el procés de conformat d'ISF serà rendible per realitzar més quantitat de peces com més diferencia hi hagi entre el cost de l'utilatge respecte el cost de l'utilatge del procés de conformat per embotició. Per aquesta raó, sembla primordial centrar tots els esforços en intentar reduir el cost de l'utilatge en el procés d'ISF per tal que aquest procés deixi definitivament de ser experimental, tot i que no deixarà de ser un procés per fabricació de poques peces en comparació al procés d'embotició.

Pel que fa a la contaminació medi ambiental entre un i altre procés, es pot observar que pel d'embotició, es necessita molta més matèria primera per la fabricació del motlle, ja que és més gran que pel d'ISF, i per tant, es

contaminarà més per fabricar l'utilitatge del procés d'embotició, sempre en funció del material que s'utilitzi. És per aquesta raó que, encara que el cost de fabricació per un i altre procés sigui molt semblant, fins i tot considerant que el cost de fabricació sigui relativament menor pel procés d'embotició, pot ser més favorable escollir el procés d'ISF per qüestions de contaminació medi ambiental.



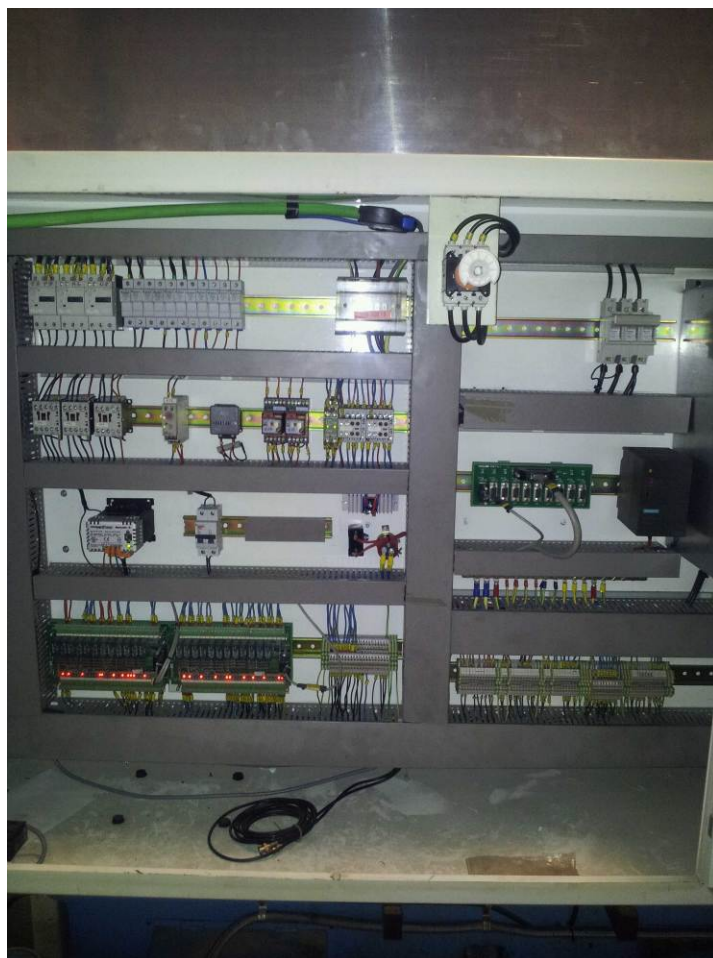
## 5 Consum elèctric de la màquina

### 5.1 Conceptes previs

Amb la revisió bibliogràfica realitzada, s'ha identificat la importància del consum elèctric de la màquina d'ISF ja que està relacionat molt directament amb el preu final de la peça realitzada i amb la cura del medi ambient.

És per això que es procedirà experimentalment a avaluar el consum elèctric per peça de la màquina Kondia HS 1000.

Per dur a terme aquest estudi és necessari tenir accés al cable elèctric d'alimentació de la màquina i així poder prendre mesures de consum. Després de buscar-lo s'ha detectat dins el quadre de control interior a la màquina.



*Figura 5.1 Imatge del quadre de control*

Un cop localitzat el cable d'alimentació s'ha optat per la utilització d'una pinça amperimètrica per prendre les mesures. S'ha pres aquesta decisió perquè degut a que la màquina treballa a 400V i per tant, el risc de patir una electrocució utilitzant amperímetres de connexió directe era molt elevat.

La pinça amperimètrica que s'utilitzarà per prendre les mesures és una LIMIT 21 de la marca LIMIT, que permet prendre mesures des de 2 fins a 400 ampers i enregistrar la intensitat màxima i mitjana consumida durant un període de mesura.



*Figura 5.2 Connexió de la pinça amperimètrica al cable*

## **5.2 Influència dels paràmetres en el consum elèctric**

El primer pas a realitzar per estudiar el consum elèctric de la màquina és detectar quins paràmetres de conformat produeixen una variació en el consum elèctric quan es modifiquen.

### 5.2.1 Descripció dels paràmetres i valors utilitzats

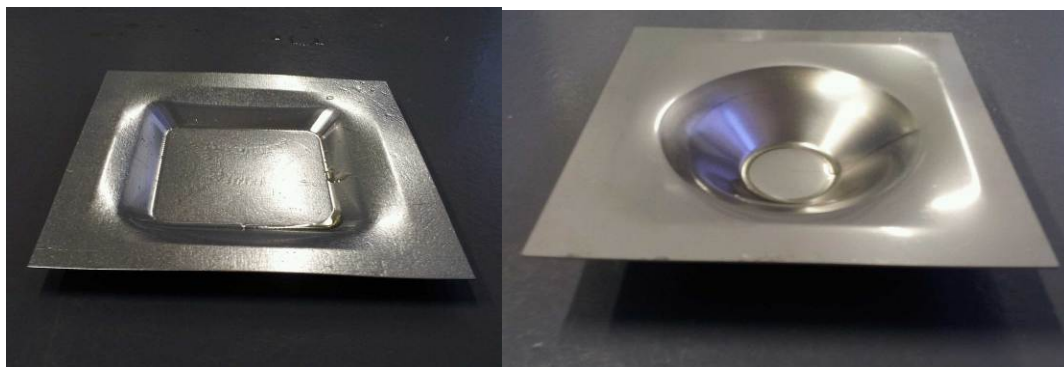
A continuació es detallen quins són els paràmetres que poden influir en el consum i quins són els valors que normalment utilitza el GREP per dur a terme els seus prototips i experiments, i així permetre aprofitar aquest estudi per millorar el consum de la màquina.

#### 5.2.1.1 Xapa

El tipus de xapa pot influir en el consum energètic en funció de dues variables, la deformabilitat i el gruix. Les xapes utilitzades més habitualment són les d'alumini 1050 H24, d'acer galvanitzat Z20 i d'acer inoxidable AISI304. Els gruixos més utilitzats solen variar entre 0,4mm i 1,5mm en funció de la peça a realitzar.

#### 5.2.1.2 Geometria

Amb la Kondia HS1000 es poden realitzar múltiples geometries, cons de diferents alçades, piràmides de diferents profunditats o peces amb característiques geomètriques més complexes però el GREP sol utilitzar geometries còniques o piramidals per la realització dels seus estudis com les que es mostren a les següents imatges.



*Figura 5.3 Imatges de les dues geometries més comuns treballant amb la màquina Kondia HS1000*

#### 5.2.1.3 Pas incremental

Normalment, els valors que se solen utilitzar es troben entre 0,2mm i 0,5mm. Per sota de 0,2mm el temps de fabricació és molt lent i per sobre de 0,5mm la qualitat superficial de la peça és molt dolenta.

#### 5.2.1.4 Velocitat de rotació

El valor més comú a l'hora d'utilitzar la màquina és de 1000rpm però també es pot utilitzar entre 2000rpm i rotació lliure.

#### 5.2.1.5 Velocitat d'avanç

Amb aquesta màquina, es fan experiments des de 400mm/min fins a 3000mm/min.

### 5.2.2 Assaig preliminar

Un cop definits tots els paràmetres, es procedeix a fer l'assaig per detectar quins d'aquests, al modificar-los, fan variar el consum energètic.

Es realitzen 5 experiments, en cadascun d'ells es fan dues mesures, i en cada mesura únicament es varia un dels paràmetres de conformat. Per cada experiment s'inclouen 3 taules. La primera indica quin és el paràmetre variable i el seu valor, la segona reflecteix els valors dels paràmetres constants per les dues mesures i la tercera indica els resultats obtinguts.

#### 5.2.2.1 Experiment 1, variació del material

Es procedeix a mesurar les variacions de la intensitat en funció del material.

Taula 5.1 Experiment 1. a) Paràmetre variable. b) Paràmetres fixes. c) Resultats mesura.

Paràmetre variable	Mesura 1	Mesura 2
Xapa	INOX 304 0,8mm de gruix	Alumini 1050 H24 0,5mm de gruix

a)

Paràmetre	Valor
Geometria	Con de diàmetre inicial 10cm
Pas incremental	0,2mm
Velocitat de rotació	2000rpm
Velocitat d'avanç	3000mm/min

b)

Mesura	Intensitat màxima	Intensitat mitjana
1	8,85A	6,34A
2	6,74A	5,93A

c)

### 5.2.2.2 Experiment 2, variació de la geometria.

Es procedeix a mesurar les variacions de la intensitat en funció de la geometria.

Taula 5.2 Experiment 2. a) Paràmetre variable. b) Paràmetres fixes. c) Resultats mesura.

Paràmetre variable	Mesura 1	Mesura 2
Geometria	Con de diàmetre inicial 10cm, alçada de 4cm i tapa de 3cm de diàmetre.	Piràmide de 10cm x 10cm de base, 4cm d'alçada i tapa de 2cm x 2cm

a)

Paràmetre	Valor
Xapa	Acer galvanitzat Z20 0,5mm de gruix
Pas incremental	0,2mm
Velocitat de rotació	2000rpm
Velocitat d'avanç	3000mm/min

b)

Mesura	Intensitat màxima	Intensitat mitjana
1	8,38A	6,20A
2	10,88A	6,24A

c)

### 5.2.2.3 Experiment 3, variació del pas incremental

Es procedeix a mesurar les variacions de la intensitat en funció del pas incremental.

Taula 5.3 Experiment 3. a) Paràmetre variable. b) Paràmetres fixes. c) Resultats mesura.

Paràmetre variable	Mesura 1	Mesura 2
Pas incremental	0,2mm	0,5mm

a)

Paràmetre	Valor
Xapa	Acer galvanitzat Z20 0,5mm de gruix
Geometria	Con de diàmetre inicial 10cm, alçada de 4cm i tapa de 3cm de diàmetre.
Velocitat de rotació	2000rpm
Velocitat d'avanç	3000mm/min

b)

Mesura	Intensitat màxima	Intensitat mitjana
1	8,38A	6,20A
2	9,28A	6,36A

c)

#### 5.2.2.4 Experiment 4, variació de la velocitat de rotació.

Es procedeix a mesurar les variacions de la intensitat en funció de la velocitat de rotació.

Taula 5.4 Experiment 4. a) Paràmetre variable. b) Paràmetres fixes. c) Resultats mesura.

Paràmetre variable	Mesura 1	Mesura 2
Velocitat de rotació	2000rpm	lliure

a)

Paràmetre	Valor
Xapa	Acer galvanitzat Z20 0,5mm de gruix
Geometria	Con de diàmetre inicial 10cm, alçada de 4cm i tapa de 3cm de diàmetre.
Pas incremental	0,2mm
Velocitat d'avanç	3000mm/min

b)

Mesura	Intensitat màxima	Intensitat mitjana
1	8,38A	6,20A
2	3,66A	3,6A

c)

### 5.2.2.5 Experiment 5, variació de la velocitat d'avanç.

Es procedeix a mesurar les variacions de la intensitat en funció de la velocitat d'avanç.

Taula 5.5 Experiment 5. a) Paràmetre variable. b) Paràmetres fixes. c) Resultats mesura.

Paràmetre variable	Mesura 1	Mesura 2
Velocitat d'avanç	3000mm/min	1500mm/min

a)

Paràmetre	Valor
Xapa	Acer galvanitzat Z20 0,5mm de gruix
Geometria	Con de diàmetre inicial 10cm, alçada de 4cm i tapa de 3cm de diàmetre.
Pas incremental	0,2mm
Velocitat de rotació	2000rpm

b)

Mesura	Intensitat màxima	Intensitat mitjana
1	8,38A	6,20A
2	8,42A	6,18A

c)

### 5.2.3 Anàlisi de resultats

Un cop realitzats els experiments preliminars, es detecta quines variables influeixen en el consum energètic i quines no.

#### 5.2.3.1 Tipus de xapa

Es detecta que el consum energètic mitjà i màxim és més elevat utilitzant xapa inoxidable AISI304 de gruix 0,8mm que fent servir xapa d'alumini de gruix

0,5mm. Per tant, com més mal·leable i prim sigui el material a conformar, menys energia es consumeix.

### **5.2.3.2 Geometria**

Pel que fa a la geometria, es pot contrastar que la intensitat mitjana consumida és molt similar conformant el con i la piràmide però la intensitat màxima no. Es detecten puntes d'intensitat més elevades en el conformat de la piràmide just en el moment que la màquina està realitzant les arestes. Per tant, es pot determinar que com més arestes tingui la peça a realitzar, més puntes d'intensitat es produiran, però aquestes no tenen gairebé influència sobre el consum mitjà del procés de fabricació, i per tant, es pot considerar que aquest paràmetre no és determinant.

### **5.2.3.3 Pas incremental**

Considerant el pas incremental de 0,2mm i el de 0,5mm, es detecta un lleu increment del consum tant en la intensitat màxima com en la mitjana. Per tant, és un paràmetre a tenir en compte.

### **5.2.3.4 Velocitat de rotació**

Aquest paràmetre és un dels que més influència té sobre el consum energètic, ja que la intensitat mitjana es redueix pràcticament a la meitat canviant la velocitat de rotació de 2000rpm a rotació lliure. La conclusió és molt clara, com menys velocitat de rotació, menys consum. Això és degut a que quan la velocitat de rotació és menor, la fricció entre la xapa i l'eina és més reduïda i, per tant, el procés de deformació es pot dur a terme de manera més senzilla.

### **5.2.3.5 Velocitat d'avanç**

Aquest paràmetre no té influència sobre el consum energètic, tal com queda reflectit a l'experiment 5.



### 5.3 Disseny d'experiments (DOE)

Un cop detectats els paràmetres que fan variar el consum energètic de la Kondia HS 1000, es procedeix a realitzar l'assaig per detectar les condicions més idònies per conformar xapa i consumir el mínim possible.

#### 5.3.1 Procediments de l'assaig

Per dur a terme aquest assaig es realitzarà la mesura de la intensitat mitjana variant el diferents paràmetres que sabem que influeixen en el consum energètic.

Els paràmetres fixes per dur a terme l'assaig i el seu valor seran els següents:

- Geometria: con de diàmetre inicial 10cm, alçada de 4cm i tapa de 3cm de diàmetre.
- Velocitat d'avanç: 3000mm/min

Pel que fa als paràmetres variables, es podria fer l'assaig amb multitud de valors per cadascun dels paràmetres però s'ha optat pels següents valors, que són els més representatius, els que més s'utilitzen al taller i els que s'ha demostrat en els assajos preliminars que tenen una major influència en els resultats.

- Tipus de xapa:
  - . Alumini 1050 H24 de gruix 0,5mm
  - . Alumini 1050 H24 de gruix 0,8mm
  - . Acer galvanitzat Z20 de gruix 0,5mm
  - . Acer galvanitzat Z20 de gruix 0,8mm
  - . Acer inoxidable AISI304 de gruix 0,5mm
  - . Acer inoxidable AISI304 de gruix 0,8mm
- Pas incremental:
  - . 0,2mm
  - . 0,5mm
- Velocitat de rotació:
  - . Rotació lliure

. 2000rpm

Per fer l'assaig, es prepara una taula de valors per cada tipus de xapa en funció del material, s'introdueixen els paràmetres variables i s'indica el valor d'intensitat mitjana per cada mesura..

A part de recollir la intensitat mitjana de la mesura, també es prendrà mesura del temps de treball, ja que també pot ser determinant a l'hora d'escollir els paràmetres de fabricació més adients.

Amb les dades d'intensitat consumida s'aplicarà l'equació (Eq. 5.1) per trobar la potència consumida.

$$P = \sqrt{3} \times I \times V \times \cos\varphi$$

(Eq. 5.1)

On P (W) és la potència consumida, I (A) és la intensitat consumida, V (V) és el voltatge de la màquina, en aquest cas 380V i  $\cos\varphi$  és el desfasament de les intensitats de línia respecte a les tensions equilibrades, en aquest cas,  $\cos\varphi$  és 0,9.

Un cop calculada la potència consumida es transforma a energia amb l'equació (Eq. 5.2).

$$E = P \times t$$

(Eq. 5.2)

On E (J) és l'energia consumida i t(s) és el temps durant el qual es consumeix.

### 5.3.2 Assaig amb xapa d'alumini 1050 H24

Taula 5.6 Mesures per xapa d'alumini 1050 H24.

Mesura	Gruix (mm)	Pas incremental (mm)	Velocitat de rotació (rpm)	Intensitat mitjana (A)	Temps de treball (s)	Energia consumida (kJ)
1	0,5	0,2	Rotació lliure	3,65	302	653,96
2	0,5	0,2	2000	6,05	419	1.501,61
3	0,5	0,5	Rotació lliure	3,67	230	500,01
4	0,5	0,5	2000	5,48	351	1.139,39
5	0,8	0,2	Rotació lliure	3,66	301	652,58
6	0,8	0,2	2000	6,31	423	1.581,09
7	0,8	0,5	Rotació lliure	3,65	231	499,45
8	0,8	0,5	2000	5,98	363	1.285,86

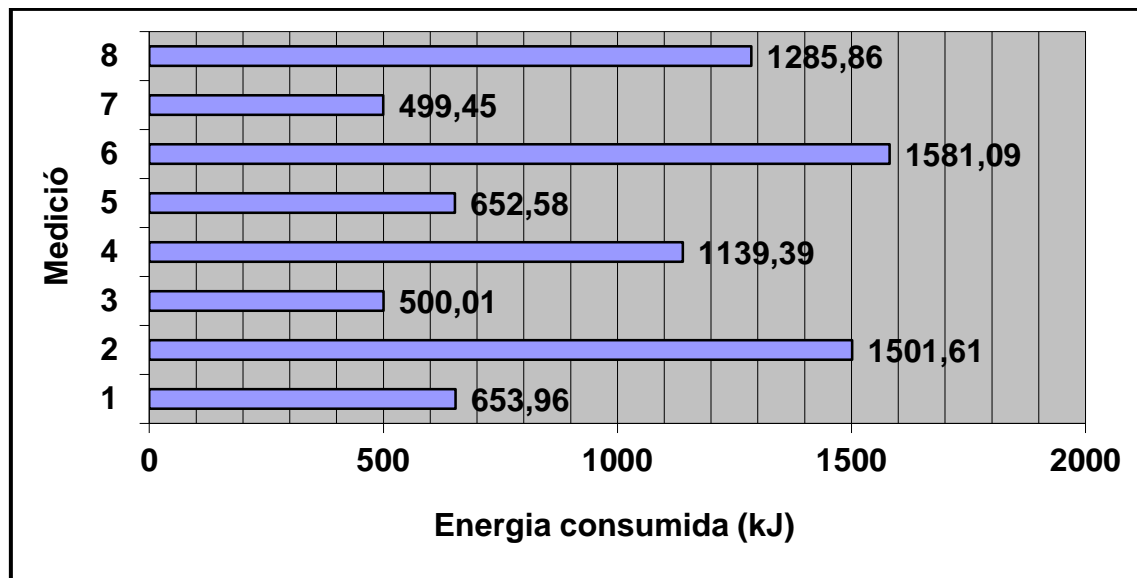


Figura 5.4 Representació gràfica de la Taula 5.6

### 5.3.3 Assaig amb xapa d'acer galvanitzat Z20

Mesura	Gruix (mm)	Pas incremental (mm)	Velocitat de rotació (rpm)	Intensitat mitjana (A)	Temps de treball (s)	Energia consumida (kJ)
9	0,5	0,2	Rotació lliure	3,74	298	660,20
10	0,5	0,2	2000	6,20	421	1.546,18
11	0,5	0,5	Rotació lliure	3,77	237	529,27
12	0,5	0,5	2000	6,03	234	835,83
13	0,8	0,2	Rotació lliure	3,77	299	667,73
14	0,8	0,2	2000	6,18	424	1.094,58
15	0,8	0,5	Rotació lliure	3,79	236	529,83
16	0,8	0,5	2000	6,13	361	1.310,85

Taula 5.7 Mesures per xapa d'acer galvanitzat Z20.

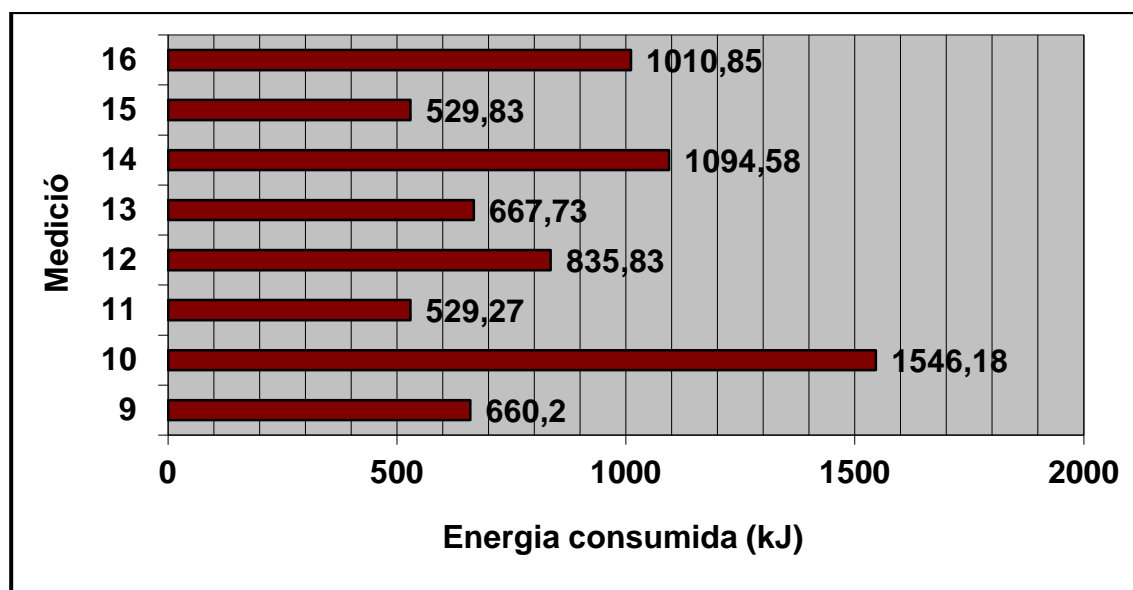


Figura 5.5 Representació gràfica de la Taula 5.7

### 5.3.4 Assaig amb xapa inoxidable 304

Taula 5.8 Mesures per xapa d'acer inoxidable 304.

Mesura	Gruix (mm)	Pas incremental (mm)	Velocitat de rotació (rpm)	Intensitat mitjana (A)	Temps de treball (s)	Energia consumida (kJ)
17	0,5	0,2	Rotació lliure	3,79	299	671,27
18	0,5	0,2	2000	6,19	424	1.554,69
19	0,5	0,5	Rotació lliure	3,81	361	814,74
20	0,5	0,5	2000	6,16	356	1.299,02
21	0,8	0,2	Rotació lliure	3,80	301	677,54
22	0,8	0,2	2000	6,34	422	1.584,85
23	0,8	0,5	Rotació lliure	3,81	234	528,11
24	0,8	0,5	2000	6,29	361	1.345,07

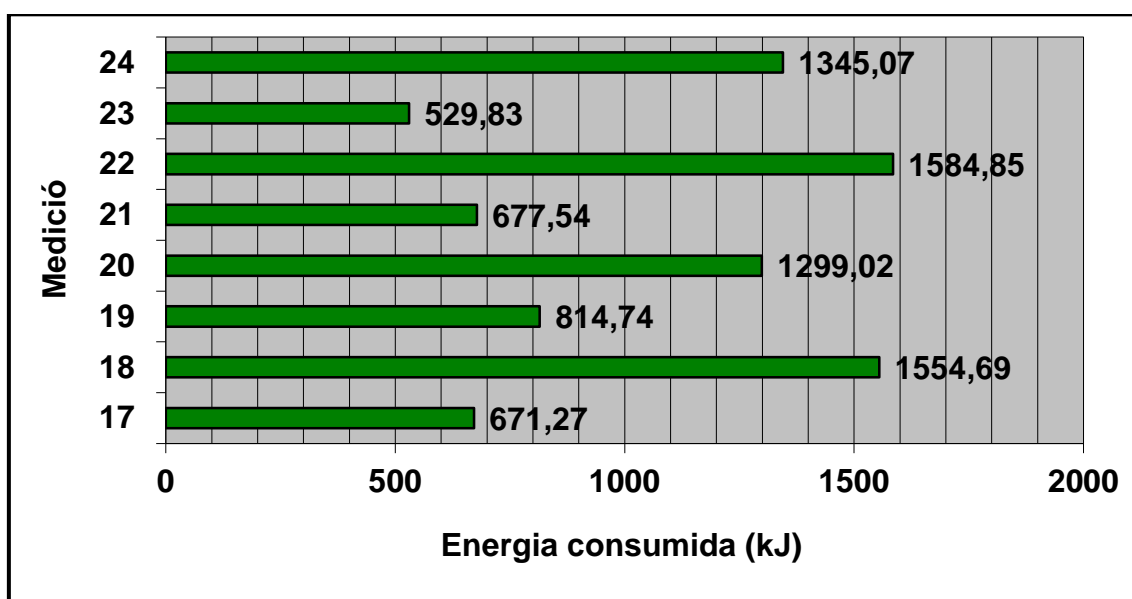


Figura 5.6 Representació gràfica de la Taula 5.8

### 5.3.5 Anàlisi de resultats

Un cop realitzades totes les mesures sobre el consum energètic del procés d'ISF es procedeix a analitzar els resultats amb l'ajuda dels gràfics següents. L'anàlisi es durà a terme amb l'ajuda del programa Minitab, que ens permet fer un anàlisi ANOVA i així poder representar gràficament l'efecte que tenen els diferents paràmetres sobre les emissions de CO<sub>2</sub>. Es representa una recta per

cada paràmetre, i com més inclinada sigui, significa que l'efecte és més significatiu.

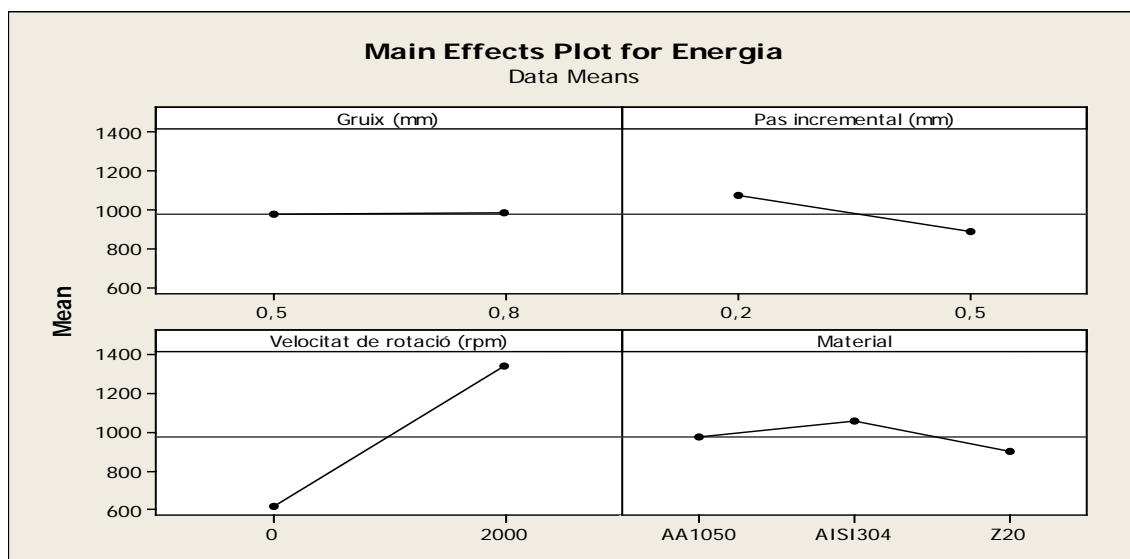


Figura 5.7 Representació gràfica amb el programa Minitab de l'influència dels paràmetres sobre l'energia consumida.

### 5.3.5.1 Diferents materials

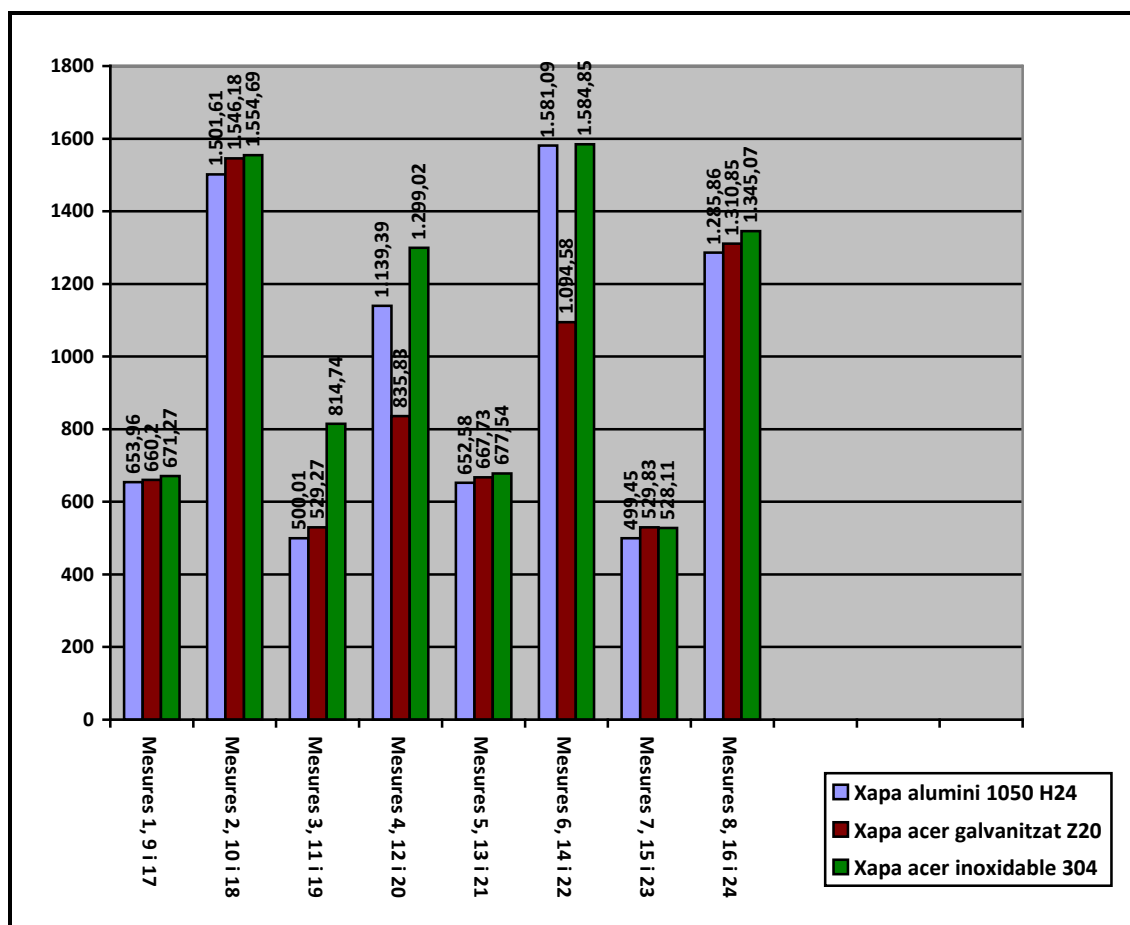


Figura 5.8 Relació de totes les mesures en funció del tipus de material.

Segons el gràfic de la Figura 5.8 es pot detectar que el consum d'energia elèctrica varia en funció del tipus de material que es vol conformar, així doncs, es consumeix menys energia si es tracta d'alumini 1050 H24, una mica més si es tracta de xapa d'acer galvanitzada Z20 i es consumeix encara més si es tracta de xapa d'acer inoxidable 304.

Cal dir que això succeeix en totes les mesures preses excepte quan es fa la mesura amb el pas incremental de 0,5mm i la velocitat de rotació de 2000rpm i la mesura amb el pas incremental de 0,2mm i velocitat de rotació de 2000rpm. En aquests dos casos es consumeix més energia elèctrica amb la xapa d'alumini 1050 H24 que amb els altres tipus. Pel que fa a aquestes diferències, és molt probable que s'hagi produït un error en el procés de mesura per part del tècnic que la realitza o de l'aparell.

Per tant, s'arriba a la conclusió que com més mal·leable és la xapa a deformar, menys energia es consumeix, ja que la xapa d'alumini 1050 H24 és la més mal·leable de totes, seguida de la xapa galvanitzada Z20 i de la xapa inoxidable 304. Cal dir que aquesta conclusió no es confirma amb l'anàlisi estadístic perquè els dos errors en el procés de mesura que s'han produït, han fet incrementar el consum per la xapa d'alumini 1050H24.

### 5.3.5.2 Gruix de xapa

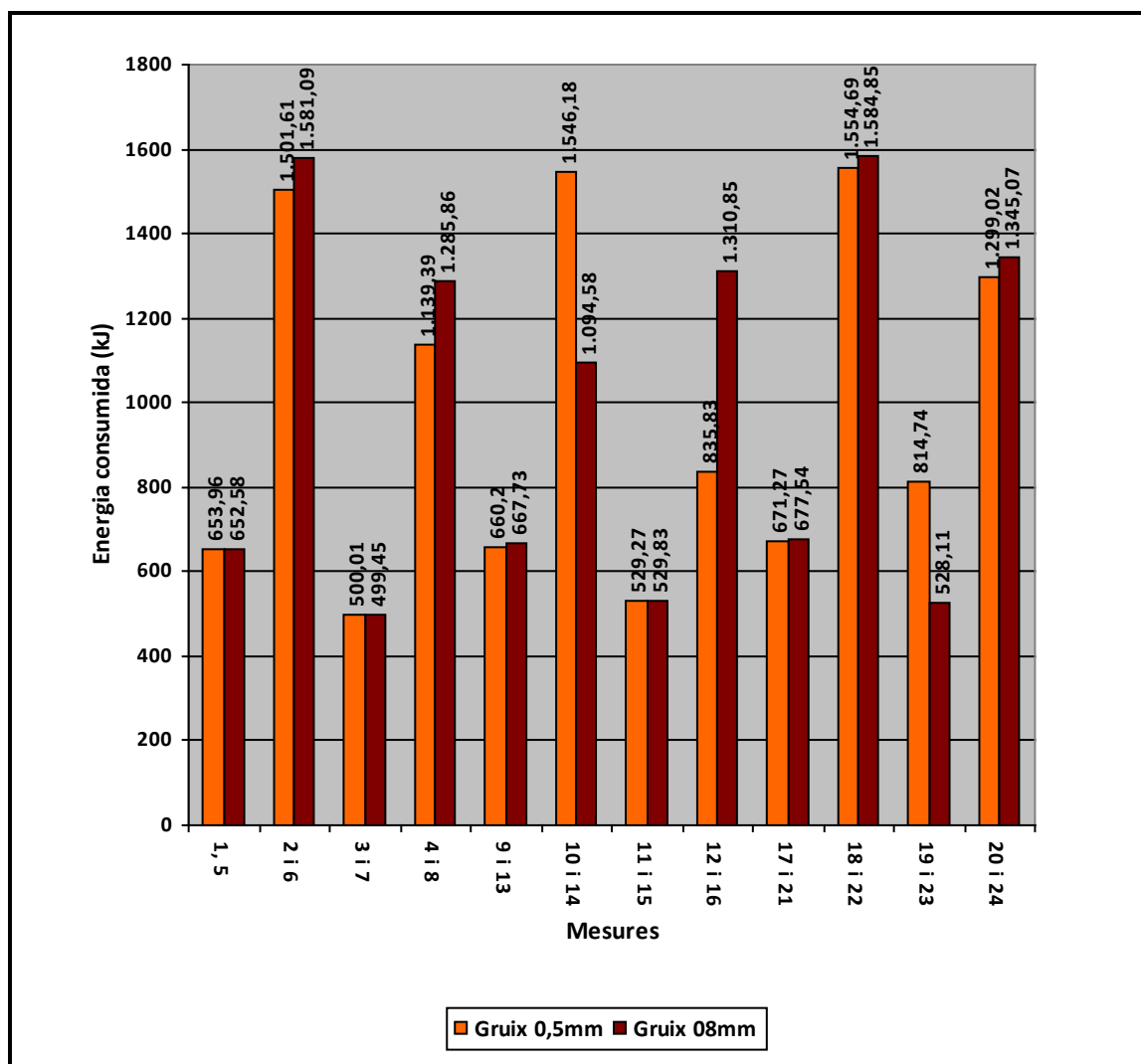


Figura 5.9 Relació de totes les mesures en funció del gruix de la xapa

Segons el gràfic de la Figura 5.9 es detecta que el gruix de xapa influeix en el consum d'energia elèctrica només quan l'eina té velocitat de rotació, ja que quan la velocitat de rotació és lliure, totes les mesures donen pràcticament el mateix valor excepte les mesures amb xapa d'acer inoxidable de gruix 0,8mm i pas incremental de 0,5mm.

Pel que fa a les mesures on l'eina gira a 2000rpm, es detecta que el consum energètic és major en els casos on la xapa té un gruix de 0,8mm excepte en la mesura de la xapa d'acer galvanitzat Z20 amb pas incremental de 0,2mm.



El fet que es consumeixi més energia elèctrica en funció del gruix només quan l'eina gira a 2000rpm pot ser degut a que l'eina només ha de fer més força en funció del gruix quan te una velocitat de rotació programada, i per tant, es pot arribar a la conclusió que el gruix de la xapa només te influencia sobre el consum elèctric quan l'eina te velocitat de rotació.

Respecte a les mesures que són discordants amb la conclusió, és molt probable que s'hagi produït un error en la pressa de mesures i han fet que amb l'anàlisi estadístic no es pugui arribar a una conclusió clara.

### 5.3.5.3 Pas incremental

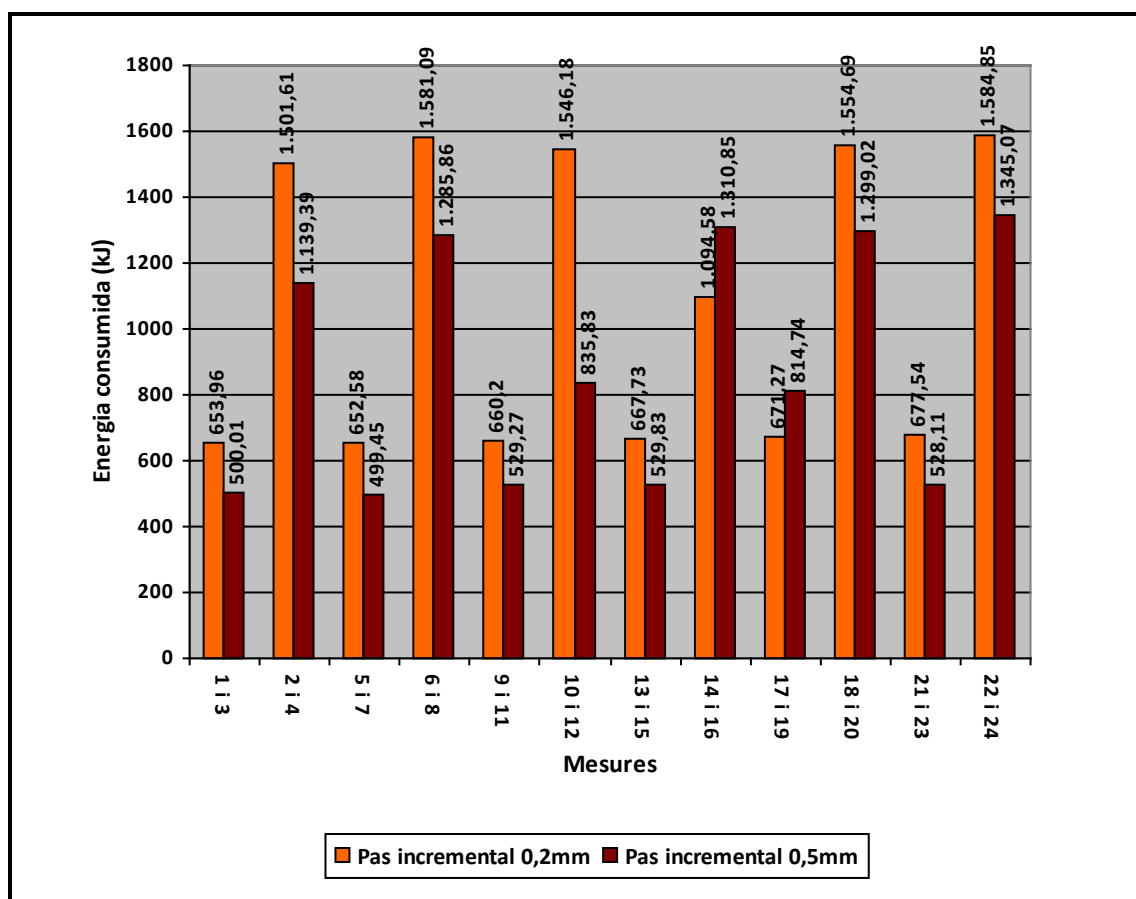


Figura 5.10 Relació de totes les mesures en funció del pas incremental.

Segons el gràfic de la Figura 5.10 es detecta que el pas incremental afecta al consum elèctric. Més concretament, a les mesures on el pas incremental és de 0,2mm es consumeix més que quan és de 0,5mm. Això succeeix a totes les

mesures excepte quan es tracta de xapa galvanitzada Z20 de gruix 0,8mm i rotació 2000rpm i per xapa inoxidable 304 de gruix 0,5mm i rotació lliure.

S'arriba a la conclusió que com més elevat sigui el pas incremental, menys consum energètic i tal com es pot observar a la Figura 5.7, de forma força significativa.

Cal comentar que les peces amb pas incremental de 0,2mm i de 0,5mm tenen el mateix angle d'inclinació i l'eina fa el mateix nombre de voltes. Això implica que el diàmetre de la peça a les últimes capes és menor a les mesures amb pas incremental de 0,5mm i per tant, si la velocitat d'avanç es manté constant, el temps de fabricació també és menor, fet que influeix en el consum energètic. Per altra banda, normalment, el consum energètic augmenta conforme augmenta el pas incremental degut a que l'eina ha de fer més força per conformar la xapa. Definitivament, si tenim en compte el que ha succeït a les mesures realitzades, també es pot arribar a la conclusió que té més influència en el temps de fabricació que no pas en el consum energètic.

Pel que fa a les mesures que no confirmen la conclusió, és molt probable que s'hagi produït algun error en el procés de mesura o que hagi fallat l'amperímetre.

### 5.3.5.4 Velocitat de rotació de l'eina

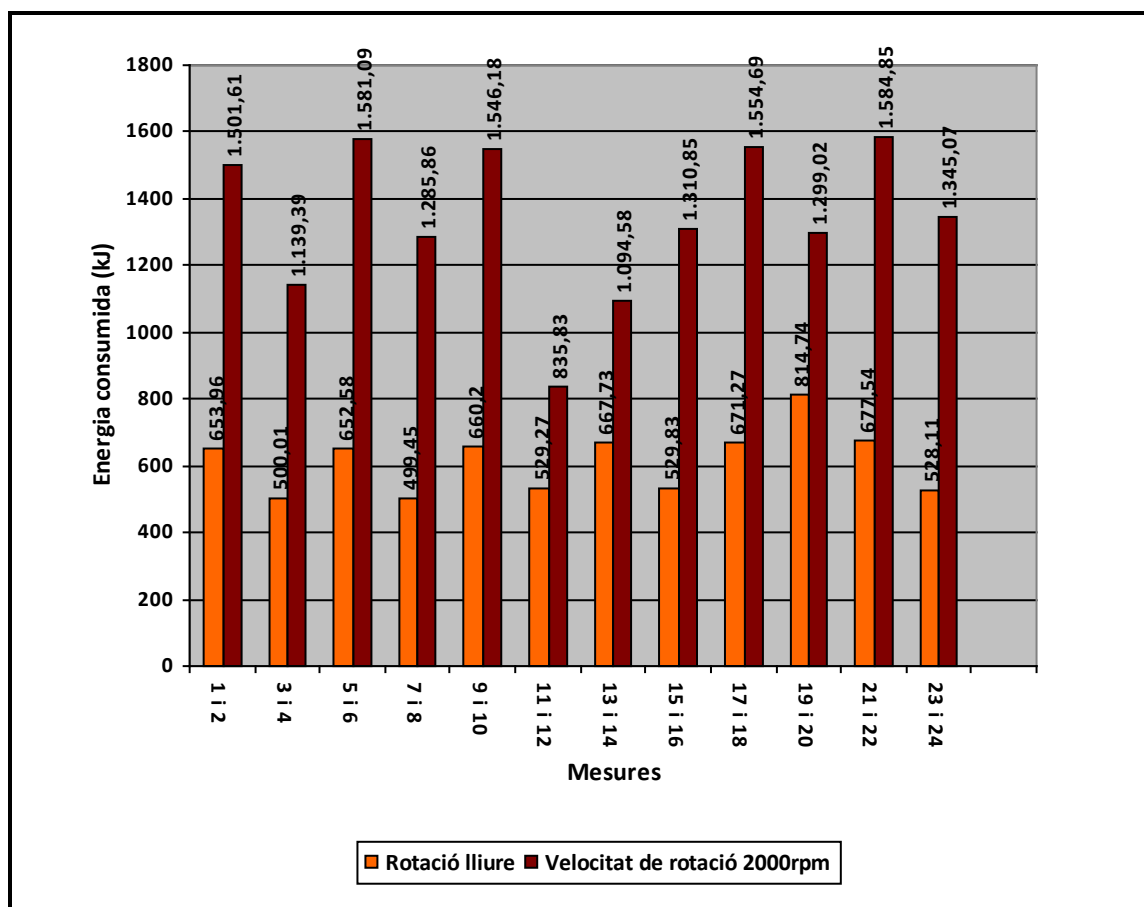


Figura 5.11 Relació de totes les mesures, en funció de la velocitat de rotació.

Queda contrastat segons la Figura 5.11 que en totes les mesures realitzades, quan l'eina té velocitat de rotació lliure, consumeix aproximadament un 50% menys que quan l'eina gira a 2000rpm, i segons la figura 5.7 es detecta que és el paràmetre que més influència té sobre el consum de la màquina.

Això és degut a que quan la velocitat de rotació és menor, la fricció entre la xapa i l'eina és més reduïda i, per tant, el procés de deformació es pot dur a terme de manera més senzilla. També és degut a que, si observem les taules Taula 5.6, Taula 5.7 i Taula 5.8 es detecta que el temps de fabricació es redueix significativament si la rotació de l'eina sobre la xapa és lliure. Això succeeix perquè en el procés de rotació lliure, cada vegada que l'eina fa una volta de conformat, no ha de parar la rotació sobre l'eina per fer l'increment de pas i llavors tornar a la velocitat de rotació determinada.

La conclusió més lògica és que com més baixa sigui la velocitat de rotació, menys consum energètic de la màquina, però si la rotació de l'eina és lliure, aleshores el consum energètic es redueix dràsticament.

## **6 Proveïdors de energia**

### **6.1 Introducció**

S'estima que de tota l'energia global consumida en el món, una quarta part és consumida per la indústria. Pot semblar molt, però cal destacar que s'ha reduït de forma significativa, ja que al 1970, la indústria consumia aproximadament el doble d'energia que a l'actualitat (Schmid et al., 2011). Aquesta energia majoritàriament és elèctrica, i es pot produir de moltes formes diferents, com per exemple, a partir de carbó, de fuel, nuclear o a partir de fonts renovables com podrien ser el vent, l'aigua o altres.

És primordial per la humanitat transformar el sistema de producció energètica actual, basat majoritàriament per fonts d'energia molt contaminants a altres fonts menys perjudicials pel medi ambient, les energies verdes o renovables.

### **6.2 Sistema de garantia d'origen**

#### **6.2.1 Descripció general**

Un cop detectada la necessitat de conservar el medi ambient, el 1 de desembre del 2007 es va instaurar a Espanya el Sistema de Garantia d'Origen i Etiquetat de la Electricitat, que pretén informar al consumidor per tal que aquest conegui en detall l'origen de l'energia que consumeix i l'impacte ambiental associat. Aquest sistema exigeix als subministradors d'energia indicar a les seves factures el desglossament de la contribució que va tenir cada font d'energia primària sobre l'energia comercialitzada durant l'any anterior, i informar també sobre l'impacte ambiental, com a mínim pel que fa a les emissions específiques de CO<sub>2</sub> (g/kWh) i la generació de residus radioactius d'alta activitat (mg/kWh).

Mitjançant el Sistema de Garantia d'Origen i Etiquetat de la Electricitat, es permet garantir l'origen de l'energia elèctrica generada a partir de fonts renovables o mitjançant sistemes d'alta eficiència energètica, determinar la barreja global d'energies primàries que s'utilitzen anualment per produir

electricitat, i conèixer la mescla d'energia comercialitzada durant l'any anterior per cada empresa comercialitzadora, així com el seu impacte ambiental associat.

### **6.2.2 Funcionament del sistema de garantia d'origen**

L'energia elèctrica que flueix per la xarxa no es pot distingir, però algunes comercialitzadores volen oferir als seus clients una energia més neta, fins i tot arribant a oferir un 100% de l'energia renovable. Per això, la comercialitzadora té la possibilitat de participar en el Sistema de Garantia d'Origen i Etiquetat de la Electricitat i així adquirir les garanties d'origen per millorar la seva mescla de producció elèctrica respecte la mitjana de producció estatal i així poder realitzar ofertes d'energies verdes als seus consumidors.

Per fer-ho, s'estableix un sistema d'anotació en compte a la pàgina de la CNE, en el que voluntàriament, els productors d'electricitat poden sol·licitar la inscripció de les garanties d'origen que els pugui correspondre. La CNE comprova prèviament la informació disponible per contrastar que les anotacions s'ajusten a la realitat i finalment, si tot és correcte, expedeix el certificat de garantia d'origen.

Com a resultat d'aquest sistema, la Comissió Nacional de l'Energia (CNE), que és la encarregada de controlar-ho, publica anualment una etiqueta elèctrica per cada comercialitzadora, similar a les etiquetes energètiques que porten els electrodomèstics on apareix la mescla de fonts d'energia que van generar l'energia comercialitzada per cada companyia durant l'any anterior.

## **6.3 Mix d'energies de producció**

Extret de la pàgina de la CNE, es pot veure quin és el mix d'energies de producció mitjana a l'estat espanyol l'any 2011 i la mescla d'energies de producció que hauran de mostrar a les seves factures les companyies que no hagin sol·licitat cap certificat de garantia d'origen.

<b>Origen</b>	<b>Comercialitzador sense GdO's</b>	<b>Mix de Producció sistema elèctric espanyol</b>
Renovable	39,9%	31,1%
CogeneracióAlta Eficiència	1,4%	2,4%
Cogeneració	8,6%	9,8%
CC Gas Natural	15,6%	17,6%
Carbó	13,8%	15,6%
Fuel/Gas	2,2%	2,5%
Nuclear	17,5%	19,8%
Altres	1,0%	1,2%

*Figura 6.1 Mix d'energies de producció mitjana estat espanyol i mix que hauran de mostrar les companyies sense GdO's.*

#### 6.4 Mix d'energies de producció per cada comercialitzadora

També extret de la pàgina web de la CNE, es pot veure el mix d'energies que van originar l'any 2011 l'energia elèctrica venuda per cada empresa comercialitzadora, i les seves emissions de CO<sub>2</sub> i residus radioactius d'alta activitat.

Taula 6.1. Mix d'energies d'origen per cada companyia comercialitzadora al 2011

ORIGEN	HIDROCANTA					
	COMERCIALIZADORA SIN GDO's (*)	ENDESA ENERGIA, S.A.	BRICO ENERGIA, S.A. UNIPERSONA L	IBERDROLA GENERACION, S.A.U.	FACTOR ENERGIA, S.A	ALPIQ ENERGÍA ESPAÑA, S.A.U.
<i>Renovables (Puras + Híbridas)</i>	14,3%	21,9%	45,5%	58,0%	45,4%	18,9%
<i>Cogeneració de Alta Eficiència</i>	1,4%	1,4%	1,4%	5,6%	1,4%	1,4%
<i>Cogeneració</i>	12,4%	11,3%	7,8%	5,3%	7,8%	11,7%
<i>Ciclos Combinados gas natural</i>	22,3%	20,3%	14,1%	9,6%	14,1%	21,1%
<i>Carbón</i>	19,8%	18,0%	12,5%	8,5%	12,5%	18,7%
<i>Fuel/Gas</i>	3,2%	2,9%	2,0%	1,4%	2,0%	3,0%
<i>Nuclear</i>	25,1%	22,9%	15,8%	10,8%	15,9%	23,8%
<i>Otras</i>	1,5%	1,3%	0,9%	0,8%	0,9%	1,4%
<b>Emisiones de CO2 (Kg /kWh)</b>	0,36	0,33	0,23	0,17	0,23	0,35
	<b>E</b>	<b>E</b>	<b>C</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>E</b>
<b>Residuos Radiactivos Alta Actividad (mg/kWh)</b>	0,70	0,63	0,44	0,30	0,44	0,66
	<b>E</b>	<b>E</b>	<b>C</b>	<b>B</b>	<b>C</b>	<b>E</b>



ORIGEN	UNION FENOSA COMERCIA L, S.L.	GAS NATURAL COMERCIA LIZADORA , S.A.	GAS NATURAL SERVICIOS SDG, S.A.	NEXUS ENERGIA, S.A.	NATURGA S COMERCIA LIZADORA , S.A.	EGL ENERGIA IBERIA, S.L.
<i>Renovables (Puras + Híbridas)</i>	21,5%	81,1%	81,0%	14,3%	39,9%	100,0%
<i>Cogeneració de Alta Eficiència</i>	7,7%	1,4%	1,4%	1,4%	1,4%	0,0%
<i>Cogeneració</i>	10,4%	2,6%	2,6%	12,4%	8,6%	0,0%
<i>Ciclos Combinados gas natural</i>	18,7%	4,6%	4,7%	22,3%	15,6%	0,0%
<i>Carbón</i>	16,6%	4,1%	4,1%	19,8%	13,8%	0,0%
<i>Fuel/Gas</i>	2,7%	0,7%	0,7%	3,2%	2,2%	0,0%
<i>Nuclear</i>	21,1%	5,2%	5,3%	25,1%	17,5%	0,0%
<i>Otras</i>	1,3%	0,3%	0,2%	1,5%	1,0%	0,0%
<b>Emisiones de CO2 (Kg /kWh)</b>	0,33	0,08	0,08	0,36	0,26	0,00
	<b>E</b>	<b>A</b>	<b>A</b>	<b>E</b>	<b>C</b>	<b>A</b>
<b>Residuos Radiactivos Alta Actividad</b>	0,58	0,14	0,15	0,70	0,48	0,00
<b>(mg/kWh)</b>	<b>E</b>	<b>A</b>	<b>A</b>	<b>E</b>	<b>C</b>	<b>A</b>

ORIGEN	DERIVADO S ENERGÉTICOS PARA EL TRANSPORTE Y LA INDUSTRIA, S.A. (DETISA)	ENÉRGYA VM GESTIÓN DE ENERGÍA, S.L.U.	E.ON ENERGIA, S.L.	ACCIONA GREEN ENERGY DEVELOPMENT, S.L.	GESTERNO VA, S.A.	NEXUS RENOVABLES, S.L.
<i>Renovables (Puras + Híbridas)</i>	49,5%	100,0%	50,2%	100,0%	100,0%	100,0%
<i>Cogeneració de Alta Eficiència</i>	50,5%	0,0%	1,4%	0,0%	0,0%	0,0%
<i>Cogeneració</i>	0,0%	0,0%	7,1%	0,0%	0,0%	0,0%
<i>Ciclos Combinados gas natural</i>	0,0%	0,0%	12,8%	0,0%	0,0%	0,0%
<i>Carbón</i>	0,0%	0,0%	11,3%	0,0%	0,0%	0,0%
<i>Fuel/Gas</i>	0,0%	0,0%	1,8%	0,0%	0,0%	0,0%
<i>Nuclear</i>	0,0%	0,0%	14,4%	0,0%	0,0%	0,0%
<i>Otras</i>	0,0%	0,0%	1,0%	0,0%	0,0%	0,0%
<b>Emisiones de CO2 (Kg /kWh)</b>	0,16	0,00	0,21	0,00	0,00	0,00
	<b>B</b>	<b>A</b>	<b>C</b>	<b>A</b>	<b>A</b>	<b>A</b>
<b>Residuos Radiactivos Alta Actividad (mg/kWh)</b>	0,00	0,00	0,40	0,00	0,00	0,00
	<b>A</b>	<b>A</b>	<b>C</b>	<b>A</b>	<b>A</b>	<b>A</b>

ORIGEN	HIDROELÉCTRICA EL CARMEN ENERGÍA, S.L.	AE3000 AGENT COMERCIALITZADOR, S.L.	COMERCIALIZADORA LERSA, S.L.	ENARA GESTIÓN Y MEDIACIÓN, S.L.	GDF SUEZ ESPAÑA, S.A.U.	SOM ENERGÍA, S.C.C.L.
<i>Renovables (Puras + Híbridas)</i>	22,5%	14,4%	15,1%	55,4%	100,0%	100,0%
<i>Cogeneració de Alta Eficiència</i>	1,4%	1,4%	1,4%	1,4%	0,0%	0,0%
<i>Cogeneració</i>	11,2%	12,4%	12,3%	6,4%	0,0%	0,0%
<i>Ciclos Combinados gas natural</i>	20,2%	22,3%	22,1%	11,5%	0,0%	0,0%
<i>Carbón</i>	17,8%	19,7%	19,6%	10,1%	0,0%	0,0%
<i>Fuel/Gas</i>	2,9%	3,2%	3,1%	1,6%	0,0%	0,0%
<i>Nuclear</i>	22,7%	25,1%	24,9%	12,9%	0,0%	0,0%
<i>Otras</i>	1,3%	1,5%	1,5%	0,7%	0,0%	0,0%
<b>Emisiones de CO2 (Kg /kWh)</b>	0,33	0,36	0,36	0,19	0,00	0,00
	<b>E</b>	<b>E</b>	<b>E</b>	<b>B</b>	<b>A</b>	<b>A</b>
<b>Residuos Radiactivos Alta Actividad (mg/kWh)</b>	0,63	0,69	0,69	0,36	0,00	0,00
	<b>E</b>	<b>E</b>	<b>E</b>	<b>C</b>	<b>A</b>	<b>A</b>

## 6.5 Etiquetatge de l'energia

Finalment, també extret de la pàgina web de la CNE, es poden veure les etiquetes genèriques per les comercialitzadores segons la taula anterior

referents a les emissions de CO<sub>2</sub> i referents als residus radioactius d'alta activitat.

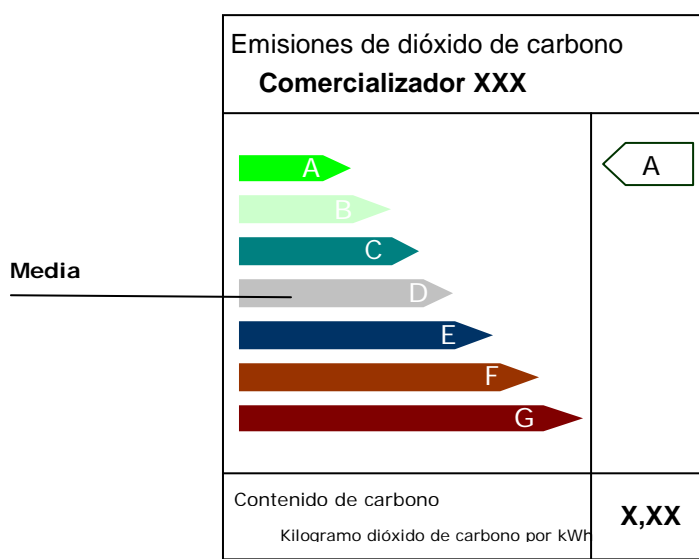


Figura 6.2 Etiqueta genèrica per la comercialització referent a les emissions de CO<sub>2</sub>

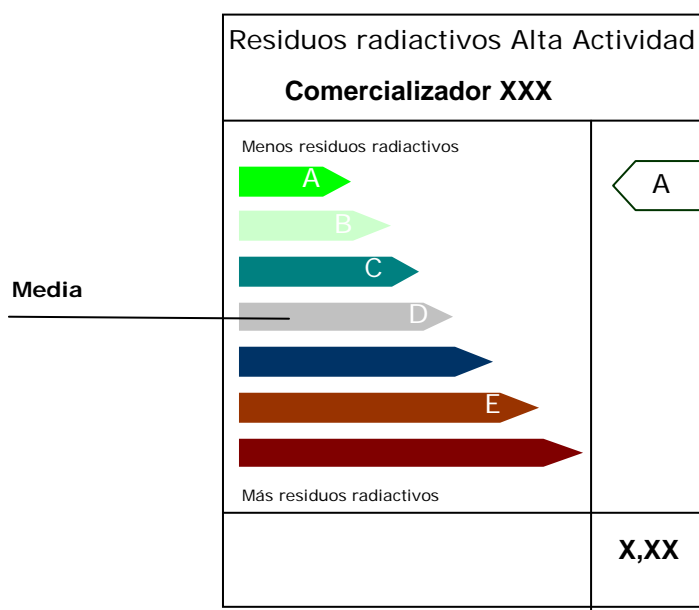


Figura 6.3 Etiqueta genèrica per la comercialització referent als residus radioactius

## 6.6 Conclusions

Segons la Taula 6.1, es pot detectar quines són les companyies distribuïdores que subministren energies menys perjudicials pel medi ambient, que arriben a distribuir únicament energies renovables, i per tant, no generen emissions de CO<sub>2</sub> ni residus radioactius. Aquestes companyies són:

- ACCIONA GREEN ENERGY DEVELOPMENTS, S.L.
- EGL ENERGIA IBERIA, S.L.
- ENÉRGYA VM GESTIÓN DE ENERGÍA, S.L.U.
- GDF SUEZ ESPAÑA, S.A.U.
- GESTERNOVA, S.A.
- NEXUS RENOVABLES, S.L.
- SOM ENERGÍA, S.C.C.L.

Cal destacar, que realitzar i mantenir les instal·lacions generadores d'energia renovable implica una producció d'emissions de CO<sub>2</sub>, com per exemple en els parcs eòlics, on s'han de fabricar i transportar els molins de vent, o a les centrals hidroelèctriques, on s'han de fabricar i transportar les turbines, i per tant, no es pot assumir que el problema d'elevades produccions de CO<sub>2</sub> estigui completament solucionat amb les energies renovables actuals. També cal dir que les emissions de CO<sub>2</sub> produint l'energia amb sistemes renovables són molt menors que amb els sistemes convencionals de fuel, gas natural o carbó.

## **7 Estudi de les emissions de CO<sub>2</sub> per peça fabricada.**

En aquest apartat es procedeix a mesurar les emissions de CO<sub>2</sub> a l'hora de conformar una peça amb la màquina Kondia HS1000, tenint en compte els consums de la màquina durant el procés i consums estimats a l'hora de fabricar la matèria primera.

### **7.1 Conceptes previs**

#### **7.1.1 Cicle de vida del producte**

L'energia consumida i la contaminació, no es pot reduir únicament al procés de fabricació. Cal tenir en compte molts altres paràmetres com per exemple, l'energia consumida i la contaminació produïda durant la fabricació de la matèria primera, el reciclatge de l'element fabricat un cop ja se n'ha fet ús, el transport, la contaminació durant la utilització del producte, els elements secundaris per dur a terme tots aquests processos, com per exemple, la maquinària i eines auxiliars, els equips de treball... És per aquesta raó que per estudiar el consum i contaminació a l'hora de fabricar un material es parla del cicle de vida del producte.

És evident que fer un estudi exhaustiu de tots aquests paràmetres a l'hora de mesurar els consums i contaminació és molt complicat, per no dir pràcticament impossible, ja que és molt difícil aconseguir les dades necessàries, i n'hi ha que actualment encara són difícilment mesurables.

#### **7.1.2 CES**

En el context actual, on cada vegada és més important tenir cura del medi ambient, ha sorgit un indicador anomenat CES (Carbon Emissions Signature ) per tal de poder mesurar la quantitat d' emissions de CO<sub>2</sub> que s'originen quan es produeix energia o qualsevol material, i així poder estimar quin procés de producció o fabricació de materials o de generació d'energia és més beneficiós pel medi ambient (Anghinelli et al. 2011).

L'equació per poder calcular el CES és la següent:

$$\text{CES} = \eta(112C + 49N + 66P)$$

(Eq. 7.1)

On  $\eta$  és un coeficient d'eficiència, diferent per cada país i normalment es troba entre 0,25 i 0,35, per Espanya s'utilitza el valor de 0,34 (Anghinelli et al., 2011). La C, la N i la P, són respectivament, els percentatges de carbó, gas natural i petroli utilitzats per produir energia en un país determinat o per una companyia subministradora d'electricitat.

Amb aquest indicador es poden valorar les emissions de CO<sub>2</sub> durant el procés de fabricació d'un material o durant el procés de producció d' energia en un lloc determinat, que normalment és un país.

## 7.2 Emissions de CO<sub>2</sub> a l'hora de fabricar la matèria primera

A l'hora de mesurar les emissions de CO<sub>2</sub> emeses a l'atmosfera per fabricar la matèria primera, cal saber l'energia necessària per produir-la. A la Taula 7.1 queda reflectida aquesta energia per algun dels materials més utilitzats a l'hora de fabricar peces de xapa.

*Taula 7.1 Relació d'energia consumida per fabricació de material(Anghinelli et al. 2011)*

Material	Energia	
	MJ/kg	GJ/m <sup>3</sup>
Alumini procedent de bauxita	300	810
Alumini reciclat	42,5	115
Coure mineral	105	942
Coure reciclat	55,4	497
Acer mineral	55	429
Acer reciclat	9,8	76,4

Amb els valors de la Taula 7.1 es pot calcular la quantitat d'energia consumida per la fabricació de cadascuna de les xapes utilitzades a l'apartat 5.3, tenint en

compte els m<sup>3</sup> de cadascuna d'elles i si el material s'extreu de la mina o és reciclat. El resultat del càlcul queda reflectit a la taula 7.2.

*Taula 7.2 Energia consumida per la fabricació de les xapes utilitzades a l'apartat 5.3.*

Material	Dimension s (m)	Gruix (m)	Volum (m <sup>3</sup> )	Energia material mineral (kJ)	Energia material reciclat(kJ)
Alumini 1050 H24	0,15 x 0,15	0,0005	0,000011	8.910	1.265
Alumini 1050 H24		0,0008	0,000018	14.580	2.070
Acer galvanitzat Z20		0,0005	0,000011	4.719	840
Acer galvanitzat Z20		0,0008	0,000018	7.722	1375
Acer Inoxidable 304		0,0005	0,000011	4.719	840
Acer Inoxidable 304		0,0008	0,000018	7.722	1375

Finalment, cal calcular la quantitat de CO<sub>2</sub> produït a l'hora de fabricar aquestes xapes. Per fer-ho tindrem en compte un CES global, ja que aquests materials es fabriquen a diversos llocs del món, i cada distribuïdor local no compra sempre al mateix fabricant. Es per això que utilitzarem el valor global de 21,2kg CO<sub>2</sub>/GJ (Anghinelli et al. 2011). Els resultats queden enregistrats a la Taula 7.3.



*Taula 7.3 Grams de CO<sub>2</sub> emesos a l'atmosfera per la fabricació de la matèria primera.*

Material	Dimensions (m)	Gruix (m)	Volum (m <sup>3</sup> )	CO <sub>2</sub> emès material mineral (g)	CO <sub>2</sub> emès material reciclat(g)
Alumini 1050 H24	0,15 x 0,15	0,0005	0,00001 1	187	27
Alumini 1050 H24		0,0008	0,00001 8	306	44
Acer galvanitzat Z20		0,0005	0,00001 1	101	18
Acer galvanitzat Z20		0,0008	0,00001 8	166	30
Acer Inoxidable 304		0,0005	0,00001 1	101	18
Acer Inoxidable 304		0,0008	0,00001 8	166	30

### 7.3 Emissions de CO<sub>2</sub> a causa del consum elèctric de fabricació

Les emissions de CO<sub>2</sub> emeses a causa del consum elèctric depenen del proveïdor d'energia elèctrica del taller, que en aquest cas és ENDESA ENERGIA, S.A.

Per altra banda, a partir de les dades de la taula Taula 6.1 sobre aquesta companyia del mix d'origen d'energia que ha utilitzat per subministrar als seus clients i de l'(Eq. 7.1) es calcula el CES de l'energia consumida al taller, que en aquest cas és de 10,89 kgCO<sub>2</sub>/GJ.

Ara que ja es disposa del CES calculat, es pot utilitzar per saber la quantitat de CO<sub>2</sub> que s'emet a l'atmosfera per cada peça fabricada a l'apartat 5.3. Els resultats queden enregistrats a la taula Taula 7.4.

*Taula 7.4 Grams de CO<sub>2</sub> emesos per la fabricació de peces*

Mesura	Energia consumida (kJ)	Emissions de CO <sub>2</sub> (g)
1	653,96	7,12
2	1.501,61	16,35
3	500,01	5,44
4	1.139,39	12,40
5	652,58	7,10
6	1.581,09	17,21
7	499,45	5,43
8	1.285,86	14,00
9	660,20	7,18
10	1.546,18	16,83
11	529,27	5,76
12	835,83	9,10
13	667,73	7,27
14	1.094,58	11,91
15	529,83	5,76
16	1.310,85	14,27
17	671,27	7,31
18	1.554,69	16,93
19	814,74	8,87
20	1.299,02	14,14
21	677,54	7,37
22	1.584,85	17,25
23	528,11	5,75
24	1.345,07	14,64

#### 7.4 Emissions de CO<sub>2</sub> per peça fabricada.

Un cop calculades les emissions de CO<sub>2</sub> per la fabricació de la matèria primera i per la fabricació de les peces, es procedeix a analitzar les emissions totals per peça fabricada.

Per fer-ho se sumen els valors de la taula Taula 7.3 i de la taula Taula 7.4 segons queda reflectit a la taula següent.

*Taula 7.5 Emissions totals per peça fabricada.*

Mesura	Emissions de CO <sub>2</sub>		Emissions de CO <sub>2</sub>	Emissions totals de fabricació	
	matèria primera (g)			(g)	
	Material mineral	Material reciclat		fabricació(g)	Material mineral
1	187	27	7,12	194,12	34,12
2	187	27	16,35	203,35	43,35
3	187	27	5,44	192,44	32,44
4	187	27	12,40	199,40	39,40
5	306	44	7,10	313,10	51,10
6	306	44	17,21	323,21	61,21
7	306	44	5,43	311,43	49,43
8	306	44	14,00	320,00	58,00
9	101	18	7,18	108,18	25,18
10	101	18	16,83	117,83	34,83
11	101	18	5,76	106,76	23,76
12	101	18	9,10	110,10	27,10
13	166	30	7,27	173,27	37,27
14	166	30	11,91	177,91	41,91
15	166	30	5,76	171,76	35,76
16	166	30	14,27	180,27	44,27
17	101	18	7,31	108,31	25,31
18	101	18	16,93	117,93	34,93
19	101	18	8,87	109,87	26,87
20	101	18	14,14	115,14	32,14
21	166	30	7,37	173,37	37,37
22	166	30	17,25	183,25	47,25
23	166	30	5,75	171,75	35,75
24	166	30	14,64	180,64	44,64

## 7.5 Anàlisi de resultats

S'analitzen els resultats per tal de detectar amb quins materials i paràmetres és més idoni fabricar les peces desitjades amb la màquina Kondia HS1000 pel que fa a emissions de CO<sub>2</sub>, i sempre que la finalitat i ús de la peça ho permeti. S'utilitzarà el programa Minitab de la mateixa forma que a l'apartat 5.3.5.

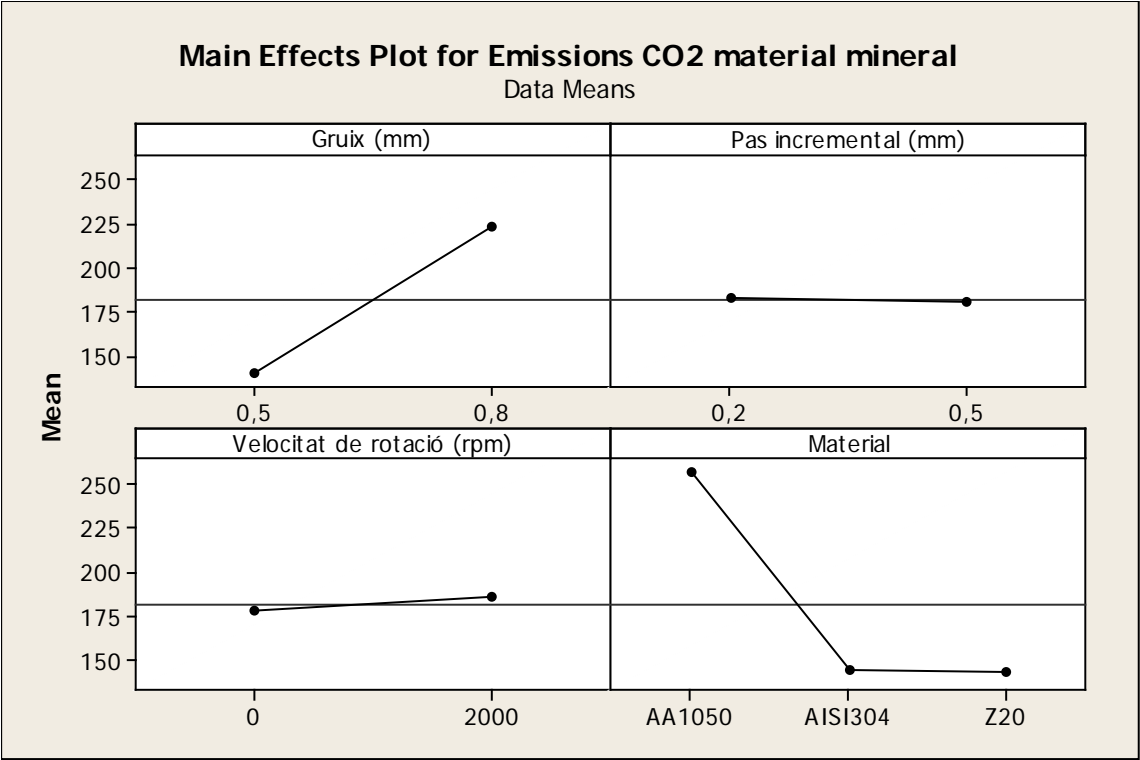


Figura 7.1 Representació gràfica amb el programa Minitab de l'influència dels paràmetres utilitzant materials reciclats.

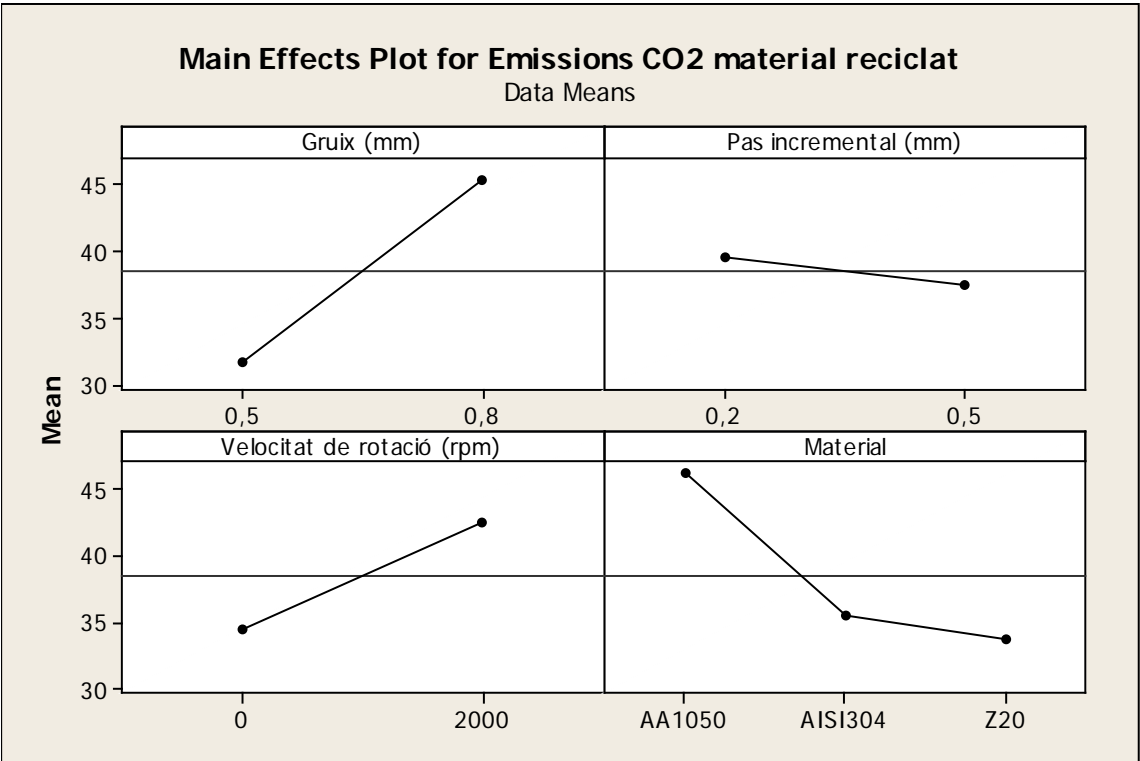


Figura 7.2 Representació gràfica amb el programa Minitab de l'influència dels paràmetres utilitzant materials reciclats.

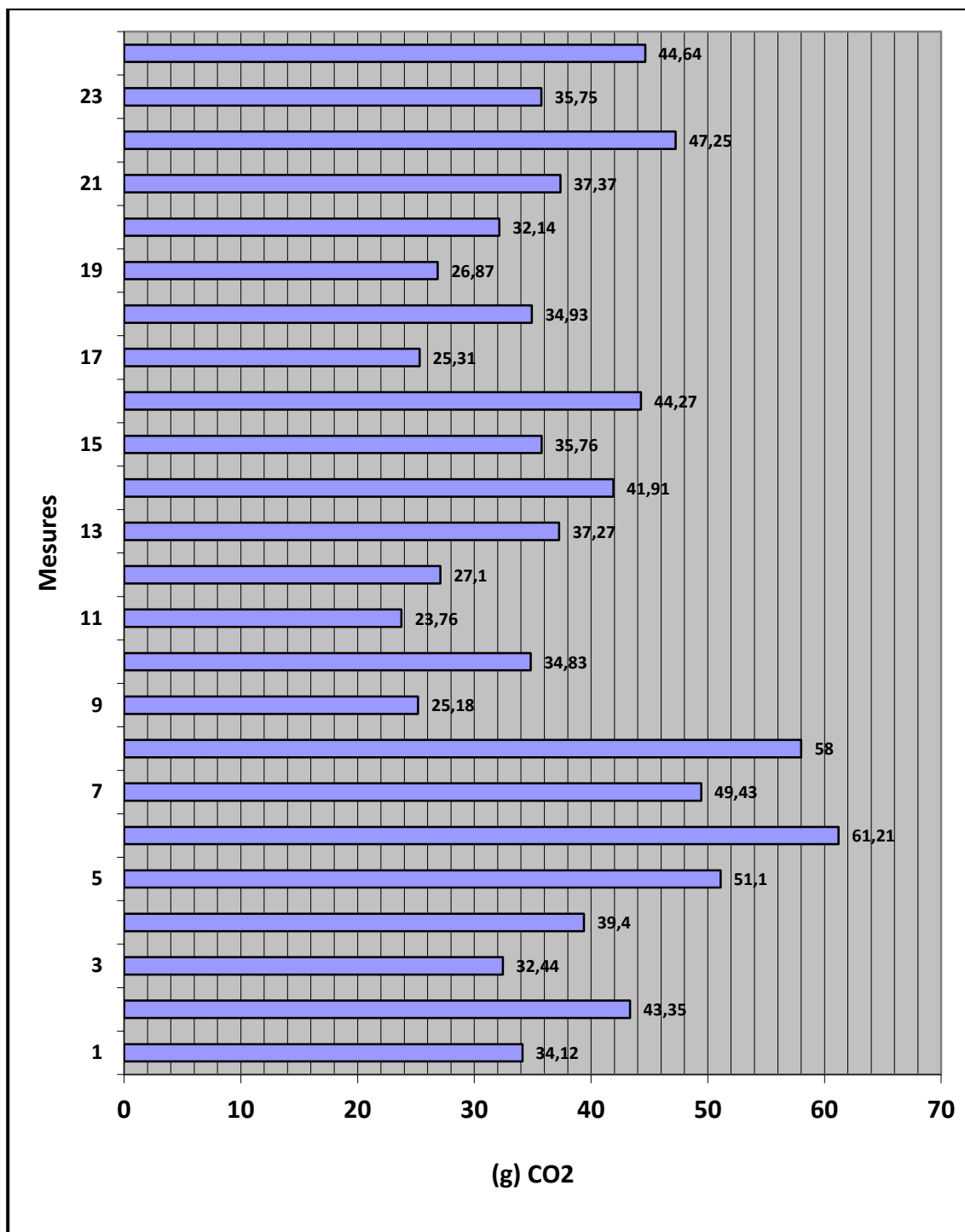


Figura 7.3. Representació gràfica dels grams de CO<sub>2</sub> emesos a l'atmosfera de les mesures utilitzant matèria primera reciclada.

Segons la taula 7.5, el primer que queda clar, és que el fet que la matèria primera sigui d'origen reciclat implica una reducció molt clara d'emissions de CO<sub>2</sub>. Per tant, sempre que es pugui s'hauria de treballar amb matèria primera reciclada.

Segons la figura 7.3 es pot afirmar que és molt més perjudicial pel medi ambient treballar amb xapes d'alumini que d'acer galvanitzat o acer inoxidable. Això és degut a que l'alumini no s'obté directament de la natura, sinó que s'extreu de la bauxita. Per transformar la bauxita en alumini s'ha de fer un procés de electròlisis anomenat Hall-Héroult que emet moltes emissions de CO<sub>2</sub>, aproximadament 14,5 kg CO<sub>2</sub>/kg de material, entre altres contaminants com per exemple els residus sòlids de la bauxita i els ànodes de carbó. Per altra banda, al generar 1 kg d'acer només es produeixen aproximadament 2,5 kg de CO<sub>2</sub>. (Ingarao et al. 2011). Pel que fa al material, també s'observa que el gruix de les xapes té força influència sobre les emissions de CO<sub>2</sub>, com més gruixuda sigui la xapa, més es contamina.

Segons la taula 7.5, es pot observar que la influència de les emissions de CO<sub>2</sub> del procés de fabricació, comparada amb la de la producció de la matèria primera és relativament petita, aproximadament entre un 20% i un 50% en el cas de matèria primera reciclada i al voltant d'un 10% si la matèria primera és d'origen mineral. Tot i semblar poc important, considerant la situació mediambiental mundial, no ho és.

Es detecta al gràfic de la figura 7.3 que en totes les mesures preses, treballant amb velocitat de rotació de l'eina lliure s'emeten menys emissions de CO<sub>2</sub>, degut al que s'ha exposat a l'apartat 5.3.5.4. Per tant, sembla lògic intentar treballar amb la mínima velocitat de rotació de l'eina, sobretot si la matèria primera de la peça a deformar és d'origen reciclat, i sempre que ho permetin les exigències de la peça desitjada.

Donant un cop d'ull al gràfic de la figura 7.2, es pot observar també que les emissions de CO<sub>2</sub> són més contingudes treballant amb un pas incremental de 0,2mm en lloc de 0,5mm. L'explicació es pot trobar a l'apartat 5.3.5.3. Tot i això, es pot observar a les figures 7.1 i 7.2 que aquest paràmetre és el menys determinant de tots.

En definitiva, si es treballés amb xapes d'acer galvanitzat del menor gruix possible, amb una velocitat de rotació de l'eina molt reduïda, i amb un pas

incremental elevat, s'aconseguiria reduir al màxim les emissions de CO<sub>2</sub> a l'atmosfera durant el procés de fabricació i contribuir a la millora de la situació ambiental actual.

## 8 Conclusions

En aquest apartat es resumiran les principals conclusions obtingudes en aquest projecte final de carrera.

En primer lloc, cal destacar que s'ha fet una comparació entre el procés d'embotició i d'ISF per tal de confirmar que el procés d'ISF és viable, encara que només ho sigui per petits lots de producció. S'ha detectat que en ambdós processos de fabricació, el paràmetre més important pel que fa al cost, és el de fabricació de l'utillatge i ha quedat palès que aquest cost és molt inferior pel procés d'ISF que pel procés d'embotició, just al contrari que pel cost de fabricació i de l'equipament, que es disparen en el cas de l'ISF a causa de l'elevat temps de fabricació. Per tant, es confirma que el procés d'ISF és viable per petits lots de producció gràcies al baix cost de fabricació de l'utillatge, però és molt probable que mai pugui ser un procés de conformat de xapa viable per grans lots de producció a causa de l'elevat temps de fabricació, que no es pot reduir en excés ja que sinó, l'acabat superficial de la peça realitzada és molt inferior a la fabricada amb el procés d'embotició.

A banda del cost de fabricació, en aquesta comparació entre els dos processos, s'ha confirmat que per la fabricació de l'utillatge es contamina més en el cas del procés d'embotició que en el procés d'ISF, i per tant, aquest últim procés es pot convertir en una alternativa per a aquelles indústries que vulguin tenir cura del medi ambient.

A l'estudi de consums d'energia elèctrica s'ha arribat a la conclusió que els paràmetres de velocitat d'avanç i de geometria no tenen una influència significativa sobre el consum elèctric, mentre que els de velocitat de rotació, tipus de material, gruix i pas incremental sí, on els paràmetres que fan variar més el consum són la velocitat de rotació, que com més baixa sigui menys es consumirà, el tipus de material, com més mal-leable menys consum i el pas incremental, que com més elevat menys consum, degut bàsicament a la disminució del temps de fabricació.



Per últim, a l'apartat sobre l'estudi de les emissions de CO<sub>2</sub> s'ha detectat que la procedència de la matèria primera té molta més influència sobre el total d'emissions de CO<sub>2</sub> que el procés de fabricació. També s'ha pogut comprovar que és primordial utilitzar matèria primera reciclada en lloc de mineral. Pel que fa al procés de fabricació, s'ha contrastat, que els paràmetres que tenen més influència sobre la contaminació són el tipus de material i el gruix d'aquest. Com menys gruixut sigui el material aleshores menys contaminació i pel que fa al tipus de material, s'hauria d'intentar treballar amb materials que per produir-los no es necessitin grans quantitats d'energia i no generin gaire residus sòlids, per tant s'hauria de descartar l'alumini. L'altre paràmetre que també té força importància és el de la velocitat de rotació de l'eina, que com més reduïda sigui millor, degut a la reducció de la fricció entre la xapa i l'eina i a que es millora el temps de fabricació.

Finalment, és important remarcar que gràcies als estudis realitzats en aquest projecte final de carrera, el Grup de Recerca en Enginyeria del Producte, Procés i Producció (GREP), té els paràmetres necessaris per tal de poder fer les seves investigacions amb el procés d'ISF consumint la mínima energia elèctrica i sense contaminar el medi ambient. D'aquesta manera, s'han aconseguit els principals objectius del projecte i, per tant, aquest s'ha finalitzat de manera satisfactòria.

Girona, 1 de setembre de 2012

Jordi Lupiañez Justribó.

## **9 Relació de documents**

Aquest projecte es compon dels següents documents:

- Document 1. Memòria.
- Document 2. Pressupost.

## 10 Bibliografia

Anghinelli O, Ambrogio G, Di Lorenzo R, Ingarao G (2011) Environmental Costs of Single Point Incremental Forming, p 525-530.

Bambach M, Taleb Araghi B, Hirt G (2009) Strategies to improve the geometric accuracy in asymmetric single point incremental forming. Production Engineering 3: 145-156.

Comision Nacional de la Energia (CNE) Informe sobre el sistema de garantía de origen y etiquetado de la electricidad año 2011 (2010), p 1-26.

Duflou JR, Kellens K, Renaldi, Dewulf W (2011) Environmental Performance of Sheet Metal Working Processes, p 21-26.

Hirt G, Ames J, Bambach M (2009) Economical and ecological benefits of CNC Incremental Sheet Forming (ISF), p. 1-9.

Ingarao G, Gagliardi F, Anghinelli G, Di Lorenzo R (2011) A Sensitivity Analysis on Environmental Sustainability in Sheet Metal Forming, p 531-536.

Ingarao G, Ambrogio G, Di Lorenzo R, Micari F (2011) On the sustainability evaluation in sheet metal forming processes, p 1-7.

Ingarao G, Di Lorenzo R, Micari F (2011) Sustainability issues in sheet metal forming processes: an overview. Journal of Cleaner Production, p 337-347.

Schmid SR (2011) Energy Consumption in Manufacturing, p 1-9.

## 11 Glossari

**ANOVA:** Analysis of Variance. Anàlisi estadístic que permet identificar els paràmetres o factors que tenen més influència sobre una determinada resposta.

**CAD:** Computer Aided Design. Software que assisteix en les etapes de disseny.

**CES:** Carbon Emissions Signature. Quantitat de CO<sub>2</sub> que s'emet quan es produeix una energia o material.

**CNC:** Control Numèric Computeritzat.

**CNE:** Comissió Nacional de l'Energia.

**DOE:** Design of Experiments (disseny d'experiments).

**GREP:** Grup de Recerca d'Enginyeria de Producte, Procés i Producció.

**ISF:** Incremental Sheet Forming. Tecnologia de conformat incremental de xapa.

**SPIF:** Single Point Incremental Forming. Variant del procés de ISF que no requereix l'ús de matriu.

**TPIF:** Two Point Incremental Forming. Variant del procés de ISF que utilitza una matriu total o parcial construïda amb materials de baix cost.

**SF:** Stretch Forming. Variant del procés de ISF on s'estira i tensiona la xapa sobre un motlle.

## **Agraïments**

A la meva tutora, Isabel Bagudanch Frigolé, per guiar-me durant tot el projecte i adaptar-se als meus horaris.

A la Vero, per sacrificar les seves vacances per mi i donar-me suport en tot moment.

A la Emma, per portar-se tant bé.

A la meva família per confiar en mi i ajudar-me en tot moment.

## Projecte/Treball fi de carrera

**Estudi:** ETIM. Pla 2002

**Títol:** Estudi medi ambiental del centre de mecanitzat  
Kondia HS1000 quan s'utilitza com a màquina d' ISF

**Alumne/a:** Jordi Lupiañez Justribó

**Director/Tutor:** Isabel Bagudanch Frigolé

**Departament:** EMCI

**Àrea:** Enginyeria de Processos de Fabricació

**Convocatòria** (mes/any): Setembre 2012

(Utilitzeu el lloc que millor s'adapti a la mida de la carpeta. Recordeu que si el vostre P/TFC consta només de memòria i resum no necessiteu cap caixa):



**Estudi:** ETIM. Pla 2002

**Títol:** Estudi medi ambiental del centre de mecanitzat Kondia HS1000 quan s'utilitza com a màquina d' ISF

**Alumne/a:** Jordi Lupiañez Justribó



**Estudi:** Selecciona un estudi:

**Títol:**

**Alumne/a:**



**Estudi:** Selecciona un estudi:

**Títol:**

**Alumne/a:**